

**MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET
DES RESSOURCES HYDRAULIQUES**
*Institution de la Recherche et de
L'enseignement supérieur agricole*



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE LA
TECHNOLOGIE**
Université 7 Novembre de Carthage

Institut National Agronomique de Tunisie
Projet de Fin des Etudes d'Ingénieur

Spécialité : Production Animale

*Influence de l'origine du tourteau de soja dans l'aliment
composé et la supplémentation en huiles essentielles sur les
performances productives du poulet de chair de 1 à 37 j
d'âge.*

Elaboré Par : Triki Ramzi

Présenté à l'INAT le 26 juin 2009, devant le jury composé de :

Président de jury : Mr Ben Jeddi Fayçal

Examineur : Mr Ben M'rad Moncef

Encadreur : Mr Najar Taha

Co-Encadreur : Mrabet Amine

Année Universitaire : 2008-2009

Dédicace

A mes Parents

Je leur dédie ce travail en guise de reconnaissance pour les sacrifices consentis tout au long de mes études et pour l'amour dont ils n'ont cessé de m'entourer. Qu'ils trouvent dans ce travail le témoignage de mon profond respect et de toute ma gratitude

A mon frère Karim

Qui était très précieux pour moi. Il a toujours été d'un énorme soutien pour moi

A mes deux Amis Borhen et Walid

Qui m'ont toujours soutenu et aidé dans les moments difficiles de ce travail

A mes oncles

Pour leur précieuse Aide, leur encouragement et soutien Moral

A tous mes Amis et toutes mes Amies

Mon cœur va également à tous ceux que je n'ai pas cités ici.

Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est parfaitement agréable d'exprimer mes profondes gratitude à **Mr Najar Taha**, qui malgré ses nombreuses préoccupations a accepté de poursuivre mon encadrement. Je lui dois beaucoup pour le temps qu'il m'a consacré et pour ses conseils. J'espère qu'il retrouvera ici l'expression de ma fidèle reconnaissance et mon profond respect.

Je remercie très chaleureusement **Mr Frikha Mohamed**, qui m'a Co-encadrée dans ce travail et m'a autorisé et aider à effectuer les différentes tâches de ce travail. Il m'a accordé sa confiance tout au long de cette période et je lui en suis vraiment reconnaissant.

Je souhaite d'adresser mes remerciements les plus sincères au **Mr Mrabet Amine** pour avoir accepté de m'accueillir à MEDIMIX et m'avoir aidé sur tous les plans. Beaucoup m'a exprimé son soutien chaleureux et son aide quand j'en ai besoin. Je le remercie énormément.

Je tiens à remercier **Mr Berguaoui Rida** à qui j'exprime toute ma reconnaissance et ma gratitude pour ses précieux conseils et sa patience. Que ces quelque mots soit preuve de mon respect et d'attachement

Je remercie également **Mr Frikha Lotfi** qui a été précieux tout au long de ce travail et qui m'a accordé l'opportunité de participer dans une expérience pareille. Je le témoigne toute ma gratitude.

Je remercie également tous les membres du jury d'avoir pris la peine d'évaluer mon projet de fin d'étude. J'en suis très honoré.

Je remercie toutes les personnes avec lesquelles j'ai eu la joie de collaborer, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Elles ont toutes su me faire bénéficier de leurs connaissances et compétences.

Résumé

Ce travail a pour objectif de comparer l'effet de trois origines de tourteau de soja et d'étudier l'effet de l'incorporation d'un nouveau additif à base d'huiles essentielles AENTM sur les performances zootechniques et le rendement de la carcasse et des différentes parties de la découpe des poulets de chair.

L'expérience a duré 37 jours et elle a débuté avec un effectif de 1500 poulets réparti sur trente cages expérimentales. Ces animaux ont reçu 6 traitements iso-énergétiques et iso-protéiques. Les six traitements sont fabriqués de la manière suivante ; 3 traitements ont été formulés à base de maïs et des différents types de tourteau de Soja. L'addition des huiles essentielles a été faite à 3 autres traitements formulés de la même façon cité précédemment, c'est-à-dire à chaque type de tourteau de soja on a incorporé le nouvel additif afin de tester les deux effets simultanément.

Les résultats globaux enregistrés ont montrés des différences au niveau des consommations moyennes, des gains moyens quotidiens et au niveau des poids vifs. Le tourteau de soja Américain a prouvé son efficacité au cours de cette expérience en enregistrant des consommations journalières ainsi que des GMQ plus élevées que les deux autres tourteaux de soja. Les poids vifs ont aussi confirmés l'effet stimulant du tourteau de soja American par rapport aux autres types de soja.

L'huile essentielle AEN a aussi amélioré d'une façon significative les paramètres productifs des poulets recevant le tourteau de soja Américain et Argentin. L'effet positif de cet additif a été confirmé sur les poulets recevant le tourteau de soja local et cette amélioration explique bien la mauvaise qualité du tourteau de soja de départ.

Les rendements à l'abattoir ont confirmés le résultat précédent avec toujours une dominance pour le rendement PAC (prêt à cuire) et les calibres ainsi que le rendement des différentes parties de la découpe et des abats pour les sujets recevant le tourteau de soja Américain.

Globalement, les résultats de cette expérience montrent que la qualité du tourteau de soja et la fraction protéique qu'il contient ont des conséquences positives même avec des taux d'inclusion plus faible durant la formulation des aliments.

Abstract

This work aims to compare the effect of three sources of soybean and to examine the effect of the incorporation of a new additive from essential oils AENTM on zootechnical performance and carcass yield and different parts of the cutting broilers.

The experiment lasted 37 days and it started with a workforce of 1500 chickens distributed in thirty experimental cages. These animals received 6 treatment iso-energetic and iso-protein. The six treatments are made in the following; 3 treatments were formulated based on corn and soybean of different origins. The addition of essential oils was made on 3 other salary in the same way mentioned above, also with each type of soybean has incorporated the new additive to test the two effects simultaneously.

The overall results achieved have shown differences in consumption averages, average daily gain and weight at death. The U.S. soybean meal has proved its efficiency during the experiment by recording daily consumption as well as higher ADG than the other two soybean meal. Weights have also confirmed alive the stimulating effect of soybean American compared to other types of soybean.

The essential oil AEN has also improved significantly the productive parameters of broilers receiving soybean American and Argentine. The effect of this additive was more pronounced on chickens receiving soybean food in their local improvement and explains the average quality of soybean meal used.

Yields at the slaughterhouse have confirmed the previous result with always a dominant performance for the RTC (ready to cook) and the sizes and the performance of different parts of the cutting and offal for subjects receiving soybean American.

Overall, the results of this experiment show that the quality of soybean protein fraction and it has positive consequences even with inclusion rate lower during the formulation of food.

Table des matières

Partie Bibliographique	15
Introduction	16
1. La filière avicole en Tunisie	18
1.1. Historique de l'aviculture en Tunisie	18
2. La Filière de la viande avicole en Tunisie	19
2.1. Au niveau de la production.....	19
2.2. Au niveau de la commercialisation.....	22
2.3. Effets négatifs des circuits du poulet vivant	24
2.4. Perspective de développement du secteur	24
3. L'alimentation du poulet de chair.....	24
3.1. L'alimentation du jeune âge	25
3.2. Les protéines et les acides aminés	26
3.2.1. Les protéines	26
3.2.1.1. Définition	26
3.2.1.2. Les besoins en protéines.....	27
3.2.1.3. Les teneurs en protéines	27
3.2.1.4. La notion de protéine idéale	28
3.2.1.5. Le rapport Energie / Protéines.....	29
3.2.1.6. La relation entre le gain protéique et le gain lipidique	29
3.2.1.7. La réduction de la teneur protéique du régime	29
3.2.1.8. L'augmentation de la teneur protéique dans l'aliment	30
3.2.1.9. La digestibilité de l'aliment	30
3.2.2. Les acides aminés	31
3.2.2.1. Les recommandations en acides aminés.....	31
3.2.2.2. La hiérarchie des besoins en acides aminés	32

3.2.2.3. Les recommandations	32
4. Les besoins énergétiques des poulets de chair	33
4.1. Définition des besoins énergétiques	33
4.2. Les besoins en énergie pour les poulets de chair	33
5. Rappel sur la microflore digestive des volailles	34
5.1. Répartition de la flore intestinale du poulet.....	34
5.2. Rôle de la flore digestive	35
5.2.1. Aspect nutritionnel	35
5.2.2. Effet de la flore microbienne sur la santé de l'animal.....	36
5.2.3. Métabolisme azoté et énergétique	39
5.2.3.1. Métabolisme azoté.....	39
5.2.3.2. Métabolisme énergétique	39
6. Principale caractéristiques du Soja	40
6.1. La Graine	40
6.2. Inhibiteur de la trypsine	41
6.3. Téguments.....	41
6.4. Le Tourteau de soja	41
6.5. Extraction, transformation et spécification des tourteaux de soja	42
7. Le procédé d'extraction du tourteau soja	42
8. Qualité du tourteau de soja	44
8.1. Protéines	44
8.2. Graisse	45
8.3. Fibres	45
8.4. Humidité	45
8.5. Facteurs antinutritionnels.....	45
8.6. Taille des particules	46
8.7. Fluidité.....	46

8.8. Autres propriétés physiques.....	47
9. Evaluation de la qualité du tourteau de soja.....	47
9.1. Observation visuelle	47
9.2. Analyse des protéines, des fibres et de l'humidité	47
9.3. Dualité du traitement à la chaleur	47
10. Importance du tourteau de soja dans l'alimentation des volailles.....	49
10.1. Les principaux producteurs des tourteaux de soja	53
11. Les additifs alimentaires	55
11.1. Définition.....	55
11.2. Classification	56
11.3. Les huiles essentielles et les actifs végétaux	57
12. L'AEN™ :	58
12.1. Présentation de l'AEN™	58
12.2. Effet de l'AEN sur la flore intestinale du poulet de chair	60
12.3. Effets de l'incorporation de l'AEN sur la performance des poulets	61
12.4. Le mode d'emploi de l'AEN	64
Partie expérimentale	66
1. Objectifs.....	67
2. Matériels et méthodes.....	67
2.1. Produits à tester.....	67
2.2. Animaux expérimentaux.....	67
2.3. Installations expérimentales.....	67
3. Protocole expérimental	68
3.1. Bâtiment.....	70
3.2. Températures et Humidité	70
3.3. Equipements	71
3.3.1. Les mangeoires.....	71

3.3.2.	Les Abreuvoirs	72
3.3.3.	Les cages expérimentales	72
3.3.4.	L'éclairage.....	72
3.3.5.	Le chauffage	73
3.3.6.	Le refroidissement	73
3.3.7.	La litière	73
3.3.8.	La vaccination	73
4.	Aliments composés expérimentaux	74
5.	Composition des différents aliments expérimentaux :.....	74
6.	Analyse physico chimique des tourteaux de soja et des aliments composés expérimentaux.....	76
7.	Les paramètres étudiées.....	76
7.1.	Etude des paramètres zootechniques	76
7.1.1.	Contrôle de poids	76
7.1.2.	Contrôle de la consommation.....	77
7.1.3.	L'indice de consommation.....	78
7.1.4.	Contrôle des mortalités.....	78
7.1.5.	Calcul des rendements à l'abattoir	78
7.2.	Analyses statistiques	79
Résultats et discussion.....		81
7.3.	Composition des matières premières	82
7.3.1.	Composition du maïs.....	82
7.3.2.	Composition du tourteau de soja	82
7.3.3.	Analyses des aliments expérimentaux.....	84
7.3.4.	Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux	86
8.	Résultats des Paramètres Zootechniques	87
8.1.	Le poids vif.....	90

8.2. Le Gain Moyen Quotidien	92
8.3. La Consommation Moyenne Journalière	96
8.4. L'indice de conversion	101
9. Résultats des Rendements à l'abattoir :	102
9.1. Rendement avant Ressuyage	104
9.2. Rendement après ressuyage	105
10. Rendement de Découpe	106
Conclusion Générale	109
Références bibliographiques.....	110

Liste des figures

Figure 1. Production des volailles de chair en Tunisie (GIPAC, 2006)	21
Figure 2. Répartition des volailles de chair en Tunisie (GIPAC, 2006).....	21
Figure 3. Circuits de commercialisation du poulet de chair (GIPAC, 2006)	23
Figure 4. La composition de la Graine de Soja (Anonyme, 2004)	41
Figure 5. Action d'une plante active sur une bactérie (phytosynthèse, 2004).....	56
Figure 6. Cinétique des différents germes pathogènes sous l'effet de l'AEN (photosynthèse, 2004).....	59
Figure 7. Effet de L'AEN sur le GMQ et l'IC (phytosynthèse, 2004).....	62
Figure 8. Lésion membranaire visible en microscope électronique (phytosynthèse, 2004)....	62
Figure 9. Résultat de l'effet de l'AEN en Royaume-Uni, 2004(souche ROSS)	63
Figure 10. Résultat de l'effet de l'AEN en République tchèque, 2004(souche ROSS)	63
Figure 11. Résultat de l'effet de l'AEN en France, 2003(souche VEDETTE)	64
Figure 12. Mode de distribution de l'AEN (Photosynthèse, 2004)	64
Figure 13. Protocole expérimental.....	69
Figure 14. Plan du bâtiment.....	70
Figure 15. Variation du poids vif en fonction du Soja durant la première phase de l'élevage	90
Figure 16. Effet de l'AEN sur le poids vif des animaux	91
Figure 17. Évolution du poids vif des différents traitements au cours de l'élevage	92
Figure 18. Variation du GMQ en fonction de l'origine du soja et de l'AEN au cours de la première période d'élevage	93
Figure 19. Variation du GMQ en fonction de l'origine du soja et de l'AEN au cours de la première période d'élevage	93
Figure 20. Variation du GMQ en fonction de l'origine du soja et de l'AEN au cours de la troisième période d'élevage.....	94
Figure 21. Les gains moyens quotidiens par périodes	95
Figure 22. Effet de l'origine de soja sur la consommation moyenne journalière pendant la première phase d'élevage	97
Figure 23. Effet de l'origine de soja sur la consommation moyenne journalière pendant la deuxième phase d'élevage	98

Figure 24. Évolution de la consommation moyenne journalière au cours de la troisième période d'élevage.....	99
Figure 25. Évolution de la consommation moyenne journalière globale des différents traitements	100
Figure 26. Les consommations moyennes journalières par période pour chaque traitement	100
Figure 27. Les indices de consommation durant toute l'expérience pour chaque traitement	102
Figure 28. L'évolution du rendement de la carcasse vide des différents traitements avant ressuyage	104
Figure 29. L'évolution du rendement de la carcasse vide des différents traitements après ressuyage	105
Figure 30. Pourcentages des différents calibres pour les différents types de soja.....	106
Figure 31. Rendements d'escalope, cuisses, Ailes et de l'ensemble (Escalope+cuisses+Ailes) des différents traitements après ressuyage	108

Liste des tableaux

Tableau 1. Production des viandes de volailles en Tunisie de 2001 à 2008 (en Tonnes)	20
Tableau 2. Evolution des poids de poulets durant les quatre premiers jours	25
Tableau 3. Digestibilité apparente des nutriments en fonction de l'âge	26
Tableau 4. Les valeurs énergétiques des matières premières (En Kcal par kg de matière sèche).....	26
Tableau 5. Les recommandations en Protéines et en Energie Métabolisable en fonction de l'âge de l'animal	27
Tableau 6. Apports recommandés en énergie et en protéines pour les poulets de chair	28
Tableau 7. Protéine idéale en fonction de l'âge (exprimé en rapport au taux de lysine digestible évalué à 100 %).....	28
Tableau 8. Les teneurs en Acides Aminés en fonction de l'âge de l'animal.....	32
Tableau 9. Les produits et les substances secrétés par la microflore digestive	38
Tableau 10. Conséquences d'un traitement insuffisant sur la digestibilité des acides aminés du soja cru.....	48
Tableau 11. Principaux nutriments dans le tourteau de soja traditionnel et décortiqué	50
Tableau 12. Digestibilité des indices protéiques dans les régimes des volailles.....	51
Tableau 13. Comparaison du tourteau de soja comme source de lysine avec d'autres sources de protéines.....	52
Tableau 14. Rapports lysine / protéines pour divers aliments.....	52
Tableau 15. Composition d'échantillons de tourteau de soja provenant de trois pays	53
Tableau 16. Les différents organismes pathogènes et leurs degrés de résistance aux antibiotiques	55
Tableau 17. Fiche de composition de L' AEN	59
Tableau 18. Résultats des analyses de flore digestive sous l'effet de l' AEN	60
Tableau 19. Performances zootechniques des poulets de chair sous l'effet de l' AEN	61
Tableau 20. Protocole expérimental du test de l' AEN contre un probiotique	65
Tableau 21. Résultats du test de l' AEN contre le Probiotique	65
Tableau 22. Effectif, poids vif au premier âge et nombre de répétition en fonction du régime adopté	68

Tableau 23. Variation de la température et de l'humidité dans le bâtiment en fonction des jours	71
Tableau 24. Programme lumineux et intensités lors des différentes phases de l'élevage	72
Tableau 25. Programme de vaccination	73
Tableau 26. Caractéristiques de l'aliment des poulets de chair	74
Tableau 27. Composition des différents aliments expérimentaux	75
Tableau 28. Programme des pesées.....	76
Tableau 29. La composition du maïs.....	82
Tableau 30. Composition des différents tourteaux de Soja	82
Tableau 31. Analyse des acides aminés des différents types de Soja	83
Tableau 32. Analyse physico-chimiques de l'aliment PCM1	84
Tableau 33. Analyse physico-chimiques de l'aliment PCM2	85
Tableau 34. Analyse physico-chimiques de l'aliment PCG2	86
Tableau 35. Caractéristiques nutritionnelles des différents aliments	86
Tableau 36. Influence de l'origine du soja et l'incorporation de l'huile essentielle AEN dans l'aliment sur les performances productives du poulet de chair de 1 a 37 j d'âge.	88
Tableau 37. Variation du GMQ global en fonction de l'origine du soja et de l'huile essentielle AEN	95
Tableau 38. Les Poids moyens et les Gains Moyens Quotidiens par traitement.....	96
Tableau 39. Variation de l'indice de conversion global des différents traitements	101
Tableau 40. Influence de l'origine du tourteau de soja et de l'incorporation de l'AEN dans l'alimentation sur le rendement de carcasses des poulets de chair de 37 jours à l'âge de l'abattage	103
Tableau 41. Influence de l'origine du tourteau de soja et de l'incorporation de l'AEN dans l'alimentation sur le rendement de carcasses des poulets de chair de 37 jours à l'âge de l'abattage	107

Partie

Bibliographique

Introduction

Le secteur agricole occupe une place importante dans l'économie tunisienne, dans la mesure où il garantit la sécurité alimentaire du pays, basée essentiellement sur la production nationale et constitue la principale activité dans plusieurs régions. Il s'en suit que le secteur avicole occupe une place privilégiée dans les productions animales.

Ce secteur se distingue par son évolution rapide et constitue un acquis certain par l'autosuffisance atteinte aussi bien en viande avicole qu'en œufs de consommation. Cependant, l'alimentation reste toujours le premier souci de l'élevage animal en général et de l'élevage avicole en particulier puisque le coût de l'aliment présente 2/3 du coût de la production. On cherche toujours à avoir un aliment qui répond à la fois aux besoins nutritionnels de l'animal et aux contraintes économiques et alimentaires.

La Tunisie, en pratiquant toujours l'importation des matières premières, essentiellement le maïs et le soja, se trouve aujourd'hui face à une situation assez délicate et l'approvisionnement des animaux en aliments riches en protéines devient un véritable problème.

Conscients de l'importance de la plante de soja, la source protéique la plus importante dans l'alimentation, cette légumineuse est utilisée comme source de protéines dans les régimes humains depuis plus de 5000 ans. Il a été introduit aux Etats-Unis au début du 20^{ème} siècle, principalement pour sa teneur en huile. Plus tard, on découvrit que le sous-produit de meunerie constituait un aliment de choix pour le bétail et la volaille lorsqu'il est correctement transformé. Il est la norme à laquelle les autres sources de protéines sont comparées. Il est également devenu la source de protéines servant à déterminer le prix des protéines destinées à l'alimentation du bétail à travers le monde. De 1988 à 1998, la production mondiale de soja a augmenté de 4, 017,141 tonnes par an. En 1998, 157 millions de tonnes de soja ont été produites dans le monde.

Le choix de cette oléagineuse se base sur sa teneur élevée en protéines par rapport à d'autres sources de protéines végétales, son excellent profil en acides aminés et d'autres nutriments y compris le potassium et les vitamines telles que la choline, l'acide folique, la riboflavine,

l'acide nicotinique, l'acide pantothénique et la thiamine lui permet d'être la matière première la plus répandue dans le monde.

D'une autre part, l'industrialisation de l'élevage des animaux et l'amélioration de l'efficacité nutritionnelle d'un aliment nous a obligé à faire appel à l'emploi des additifs alimentaires dont l'utilisation s'est généralisée en alimentation animale depuis de nombreuses décennies ; afin d'augmenter la production tout en maintenant un bon état général de santé des animaux, surtout quand l'économie devient un objectif primaire.

C'est dans ce contexte qu'on se propose par le présent travail de comparer l'effet de trois origines de tourteau de soja avec différentes fractions protéiques ainsi l'addition d'un nouveau additif AENTM à base d'huiles essentielles sur les performances zootechniques des poulets de chair. Ce travail est poursuivi par un calcul des rendements des différents poulets au cours de l'abattage et le rendement des différentes parties lors de la découpe.

1. La filière avicole en Tunisie

1.1. Historique de l'aviculture en Tunisie

Jusqu'au début des années 1960, l'aviculture industrielle était inexistante et les produits avicoles étaient issus de l'aviculture traditionnelle comme dans un grand nombre de pays de la région.

En 1967, un office de l'état a installé un élevage intégré de pondeuses, de poulets ainsi qu'un petit couvoir. Cette installation pilote a permis l'apparition d'un petit noyau de fermes avicoles. A partir de 1970, l'aviculture industrielle a connu un véritable décollage grâce, d'une part à l'encouragement à l'investissement par le biais des crédits FOSDA et à la forte subvention sur les matières premières entrant dans la composition des aliments pour volailles, et d'autre part à l'entrée dans le domaine d'un groupe d'entrepreneurs plus dynamique que la moyenne des agriculteurs traditionnels.(GIPAC, 2006).

Au bout de quelques années, le secteur a connu une grave crise durant laquelle le marché a connu une surproduction aigue (1982 – 1983) ajoutée à des épidémies sur tout le pays de pullorose et de typhose ainsi que de mycoplasmoses. Cette situation a mis en faillite un nombre très élevé d'exploitants.

L'état a vite réagi en créant en 1984, le Groupement Interprofessionnel des Produits Avicoles (G.I.P.A.) devenu l'actuel GIPAC (Groupement Interprofessionnel Avicoles et Cunicole) pour entamer une organisation de la profession et de la production ainsi que la mise à niveau progressive de la filière. (GIPAC, 2006).

En Tunisie le secteur avicole assure à lui seul 50% de l'approvisionnement en viandes ainsi que 100% de celui des œufs de consommation. En valeur, et malgré le fait que les prix des produits avicoles sont relativement marchés, ce secteur compte pour environ 24 % de la valeur de l'élevage soit 7 - 8 % du PIB agricole. Il existe encore une institution de l'état qui détient des fermes de pondeuses et de poulet de chair. Ces fermes ne reçoivent aucune subvention, et leur rôle se limite généralement à l'approvisionnement de la restauration collective (restaurants universitaires, armée, etc) (Karma, 2001).

L'infrastructure avicole :

Le nombre de couvoir en Tunisie est de 36 dont 30 pour le poulet de chair, deux couvoirs totalement spécialisés dans les dindonneaux et 4 dans la poulette d'un jour.

Le nombre d'abattoirs est de 17 ; Au sein de ces abattoirs on compte 6 ateliers de découpe et 6 ateliers de transformation.

Officiellement, le nombre d'usines d'aliment est de plus de 600 dont 140 à caractère commercial le reste étant constitué d'unités propres aux éleveurs pour le mélange à la ferme. Plus de 70% du chiffre d'affaire des usines est réalisé par une dizaine de société. (GIPAC, 2005)

2. La Filière de la viande avicole en Tunisie

2.1. Au niveau de la production

La production de viandes de volaille est très concentrée sur le littoral à l'est du pays, et elle est concentré beaucoup moins au Nord et surtout à l'ouest et dans le sud du pays. La filière compte environ 4000 éleveurs de poulets de chair et 300 éleveurs de dinde de chair (GIPAC, 2005)

Le secteur du Poulet de Chair

Ce secteur produit environ 100 millions d'œufs à couvrir soit 78 millions de poussins d'un jour. Les poussins sont en majorité élevés chez des aviculteurs de petite taille (<5.000 poulet par rotation). Il existe quelques sociétés intégrées à des degrés variables (reproducteurs, couvoirs, élevages, usine d'aliment, abattoirs, points de vente). La production de poulet de chair (standard, certifié & label rouge) est de l'ordre de **92000 tonnes** de viande nette soit 66% des viandes avicoles (Karma, 2001).

Le secteur de la dinde

Environ 6,5 millions d'œufs à couvrir de dinde sont incubés en Tunisie, dont la moitié est importée. Le reste est issu de la production locale des reproducteurs. Le nombre de dindonneaux d'un jour produits avoisine 5,5 millions de sujets soit une production de 4,65 millions de dindons en âge d'abattage ou 28500 tonnes de viande nette, ce qui correspond à 21% des viandes avicoles (Karma, 2001).

Les autres viandes

L'ensemble des autres viandes estimé à 13800 tonnes soit 13% des viandes avicoles est constitué de poules pondeuses ou de reproductrices de réforme (chair, ponte & dinde) ainsi que des poules de basse cour. Les autres espèces de volailles de basse cour (dindes, pintades, canards, oies), les cailles les autruches ne sont pas incluses dans ce chiffre car il n'y a pas eu d'estimation à ce jour. Ces quantités sont recensées depuis 2001 et regroupé dans le tableau1 (Karma., 2001).

Tableau 1. Production des viandes de volailles en Tunisie de 2001 à 2008 (en Tonnes)

Type de Production	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Poulet de chair	76 245	76 641	82 411	93 943	87 392	66 170	84 139	87 672
Dinde de chair	24 072	22 025	22 593	29 372	31 166	27 222	38 579	38 484
Réforme & Traditionnel	15 278	13 805	13 328	13 089	13 385	12 574	12 336	12 500
Total	115 595	112 471	118 332	136 404	131 943	105 968	135 055	138 656
Consommation	11,8	11,5	12,3	13,7	13,1	10,6	13,2	13,4

Source (**GIPAC**, 2008)

Le tableau 1 montre que durant ces dernières années le Taux d'accroissement annuel moyen est estimé de **4,1%** dans la production de la viande volailles. En 2004, le total de ces viandes atteint 134.300 tonnes soit une consommation par habitant et par an de 13,7 kg pour chaque tunisien.

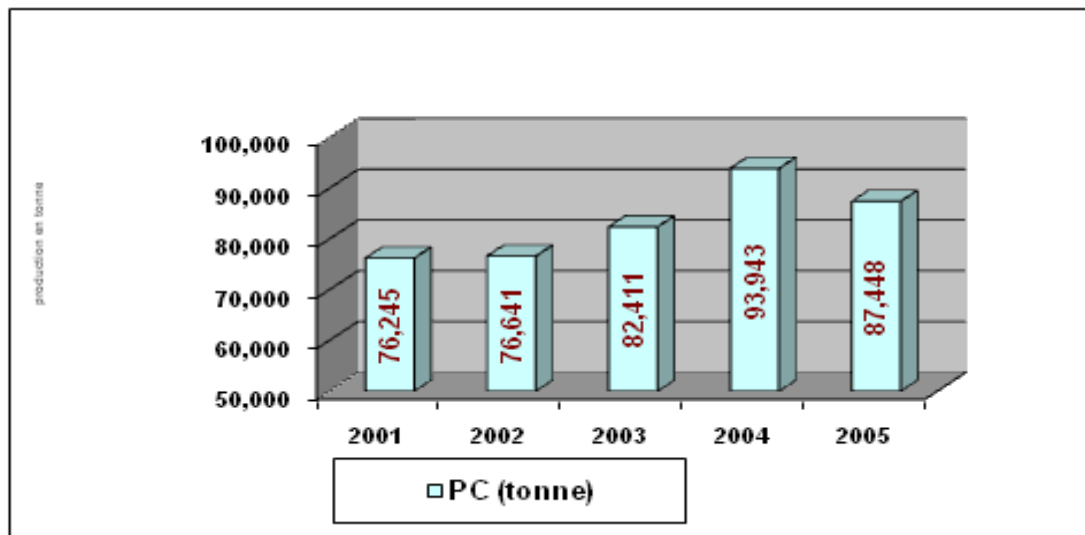


Figure 1. Production des volailles de chair en Tunisie (GIPAC, 2006)

La figure 1 montre l'évolution de la production des poulets de chair au cours de ces dernières années, cette production atteint 93 943 milles tonnes en 2004 avec une évolution de la consommation par individu de cette catégorie de viande. la répartition de la production est illustré dans la figure 2.



Figure 2. Répartition des volailles de chair en Tunisie (GIPAC, 2006)

La contribution des viandes de volailles dans le total de viandes produites a connu une évolution très importante. Elle ne représentait environ que 36 % en 1994, et 10 ans après, soit en 2004, elle atteint plus de 48 % du total des viandes produits en Tunisie.

La filière de la viande en Tunisie est caractérisée par une forte disparité. Un circuit de volailles vivantes très anarchique et non contrôlé contraste avec un circuit de viande abattue dans des abattoirs modernes strictement contrôlés. La production est assurée dans sa majorité par un nombre très important de petits éleveurs indépendants, pour la plupart non intégrés avec les grands groupes bénéficiant d'une intégration poussée (Reproducteurs, couvoirs, abattoirs, circuits de distribution) (Karma, 2001).

La situation actuelle du marché des produits avicoles ne profite pas assez aux producteurs ni encore moins aux consommateurs. La transparence des prix en période de surproduction est inexistante.

Depuis quelques années, l'intégration s'est développée progressivement notamment dans le secteur du poulet de chair et surtout dans celui de la viande de dinde. Cette orientation commence à faire l'unanimité auprès des professionnels du domaine qui tentent de s'organiser autour de coopératives ou de s'intégrer à l'échelle individuelle. Des noyaux de producteurs sont en train de se former en vue d'une intégration plus poussée et l'abattage industriel se sont développé qualitativement mais assez timidement sur le plan de la quantité (Karma, 2002).

2.2. Au niveau de la commercialisation

- **Poulet de chair standard**

Le circuit de commercialisation du Poulet de chair standard est le principal pourvoyeur de viandes puisque la production atteint 93,900 tonnes en 2004. Ce circuit est subdivisé en deux parties ; soit la commercialisation en vif qui représentait la part la plus importante de cette activité, soit la commercialisation des produits industriels et qui représentait 30% de cette activité, le schéma de commercialisation est représenté dans la figure 3.

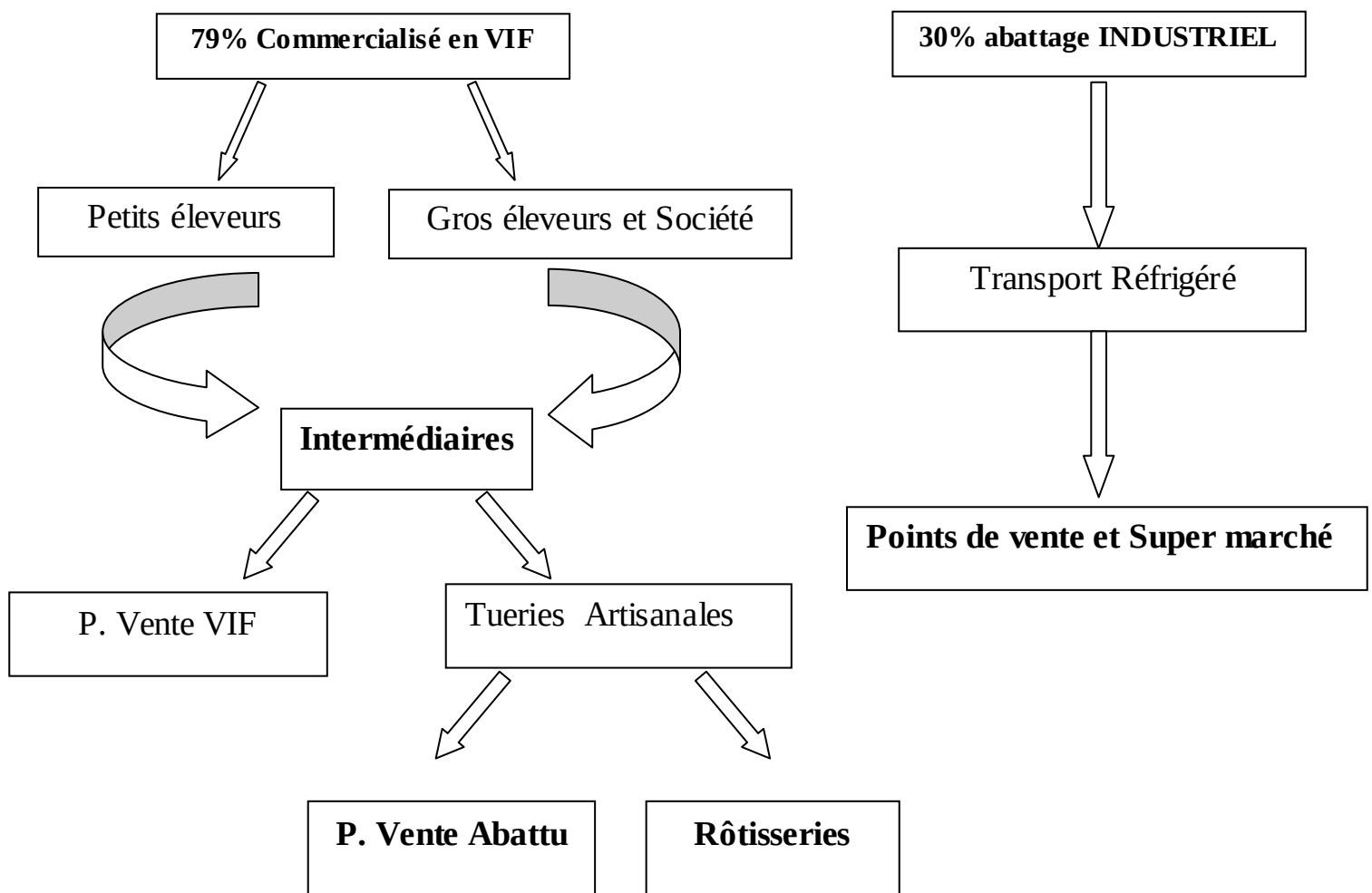


Figure 3. Circuits de commercialisation du poulet de chair (GIPAC, 2006)

A ce jour le circuit du poulet vivant est caractérisé par la vente directe à la ferme du poulet aux intermédiaires. Ces derniers vont charger et livrer quotidiennement les produits récupérés à leurs clients.

Aux points de vente en vif, la livraison consiste en un petit nombre de cageots. Ces poulets sont vendus au kilo vif, abattus sur place à la demande des clients moyennant une marge et des frais d'abattage.

Un nombre limité de points de vente sont la propriété des producteurs, mais la plupart des points de vente en vif sont des commerçants. De plus en plus, des intermédiaires ont tendance à devenir également producteurs. Certains ont opté pour des abattoirs industriels (Karma, 2002)

2.3. Effets négatifs des circuits du poulet vivant

- Sur le plan organisationnel: il y a une dépendance quasi totale des éleveurs vis à vis des intermédiaires.
- Sur le plan financier: la moyenne de prix est inférieure aux prix utilisés lors des contrats d'intégration
- Sur le plan Sanitaire: Il existe une circulation anarchique des mêmes véhicules au niveau des élevages, abattoirs, marchés, usines d'aliment, couvoir en plus de ça les points de vente en vif ne sont pas contrôlés sur le plan sanitaire (Karma, 2001).

2.4. Perspective de développement du secteur

La seule alternative pour le développement du secteur sur le plan organisationnel, sanitaire et sur le plan de l'amélioration de la qualité des produits reste l'interdiction progressive de la commercialisation du poulet vif au niveau des marchés. Etant donné le rôle économique et surtout social que sont en train de jouer des milliers d'opérateurs dans ce domaine, il est recommandé de procéder à la reconversion des points de vente en vif ou volaillers sur plusieurs étapes en points de vente de volailles abattues (GIPAC, 2006).

3. L'alimentation du poulet de chair

Pendant de nombreuses années, les principales mesures relatives à l'effet qualité de l'aliment étaient la croissance et l'indice de consommation. Aujourd'hui, le nutritionniste est confronté à un ensemble de facteurs plus complexes :

- ✓ L'évolution génétique a été très importante, mais les poulets hyperphagiques ou gloutons posent beaucoup de problèmes dans les filières de production.
- ✓ La demande croissante du consommateur pour des produits mieux adaptés, découpés, élaborés, mais aussi l'alimentation végétale sans facteurs de croissance ou antibiotiques.
- ✓ Les exigences environnementales : limitation des rejets azotés et/ou phosphorés.
- ✓ La prise en compte de l'élevage en fonction des conditions climatiques, bâtiments, management, sanitaires (Hubbard, 2004).

La réponse à ces questions n'est pas unique : les choix sont multiples entre les aliments riches, haute énergie, granulés et les farines basse énergie. La formulation doit aussi prendre en compte les aspects de granulométrie et présentation de l'aliment, mais aussi les méthodes d'alimentation : ad libitum, contrôlée, rationnée. Il semble bien que l'alimentation ad libitum ne soit pas la meilleure solution pour améliorer l'efficacité alimentaire et la production de carcasses de qualité (Bolton, 1965).

3.1. L'alimentation du jeune âge

Des travaux récents ont montré que l'alimentation précoce du poussin stimule le fonctionnement et le développement de l'appareil digestif (intestins, villosités, foie, pancréas). Dans ce cas, les réserves vitellines sont prioritairement utilisées pour le développement des systèmes nerveux immunitaires (bourse de Fabricius), de l'appareil cardio-vasculaire et de l'appareil gastro-intestinal. Donc, plus l'apport d'aliment sera précoce après l'éclosion, meilleure sera l'utilisation du vitellus pour des fonctions essentielles.

En pratique, la formulation de l'aliment doit évoluer en permanence en fonction des informations qui viennent du suivi des résultats du terrain, de l'abattoir et des analyses des matières premières et des aliments. Le suivi rapproché des performances terrain est certainement un élément clé de la valeur des aliments (Noy et Sklan, 1999).

INFORMATIONS  ANALYSES  ACTION

Le tableau 2 explique bien l'effet de l'alimentation précoce et son action sur le poids vif durant les quatre premiers jours.

Tableau 2. Evolution des poids de poulets durant les quatre premiers jours

Âge	A 0 jours	De 0 à 2 jours		De 2 à 4 jours		A 4 jours		% N/A
N= Nourri A= A jeun		N	A	N	A	N	A	
Ingéré (g)		6,5	0	23,8	23,1	30,3	23,1	+ 30%
Poids vif (g)	45,2	+ 5,0	- 3,5	+ 16,9	+ 16,0	67,7	57,7	+ 16%
Vitellus (g)	7,14	- 4,25	- 3,78	- 2,1	- 2,0	0,79	1,36	(+ 9%)
Intestin (g)	1,11	1,37	0,88	2,12	1,91	4,60	3,90	+18%

(Noy et Sklan, 1999)

Le déficit enzymatique du jeune poussin est important au cours des deux premières semaines. De nombreux nutriments sont mal utilisés. Le tableau 3 donne les valeurs de la digestibilité apparente des nutriments en fonction de l'âge.

Tableau 3. Digestibilité apparente des nutriments en fonction de l'âge

Âge	7 - 8 jours	10 - 11 jours	20 - 21 jours
Matières organiques (%)	68	71	76
Matières protéiques (%)	75	77	84
Lipides (%)	55	69	84

(Zelenka, 1995)

Les matières premières riches en polysaccharides non amylacés (P.N.A.) sont très mal utilisées par le jeune en croissance. Les valeurs énergétiques obtenues par Mahagna (1995), à différents âges, illustrent ce phénomène.

Tableau 4. Les valeurs énergétiques des matières premières (En Kcal par kg de matière sèche)

Âge (jours)	4 - 7	10 - 14	17 - 21
Tourteau de soja	1142	1308	2142
Maïs	3118	3328	3505

(Mahagna, 1995)

Les P.N.A. contenues dans les aliments contribuent également à réduire considérablement la valeur énergétique des graisses animales.

En Conclusion, il faut :

- ✓ Donner rapidement l'aliment démarrage au poussin et stimuler la consommation (intensité lumineuse, petit matériel d'alimentation, renouvellement fréquent de l'aliment, accès facile au système d'abreuvement).
- ✓ Rechercher les matières premières les plus digestibles. Ne pas rechercher des niveaux énergétiques élevés par addition de matières grasses saturées.

3.2. Les protéines et les acides aminés

3.2.1. Les protéines

3.2.1.1. Définition

La protéine est une macromolécule présente chez tous les êtres vivants. Elle est fabriquée par les cellules à partir de l'ADN et grâce au code génétique et constitué d'une ou plusieurs chaînes d'acides aminés (polypeptides). Les protéines sont indispensables à la vie de la cellule et de l'organisme tout entier, il en existe plusieurs sortes qui exécutent une variété de fonctions essentielles à la croissance d'une cellule. Les protéines sont essentielles à la structure et au fonctionnement des tissus et des organes et chacune a une fonction qui lui est propre.

3.2.1.2. Les besoins en protéines

La recherche d'un apport protéique suffisant et équilibré se pose comme un problème quotidien. La préoccupation des nutritionnistes est avant tout d'origine économique.

Toutefois, une formule alimentaire mal ajustée peut annuler la marge bénéficiaire de la production de poulets (Quentin et al, 2004).

En fait, pour l'apport de protéines brutes, on peut choisir entre deux niveaux, « minimum » ou « optimum », qui assurent sensiblement la même croissance, mais pas la même efficacité alimentaire : on obtient un meilleur indice de consommation avec un apport optimum de protéines (Leclercq et al, 1989).

La teneur de l'aliment en protéines dans l'aliment doit tenir compte de sa concentration énergétique. Pour un niveau énergétique donné, la teneur de l'aliment en protéine brutes décroît lorsque l'âge des poulets augmente (Drougoul et al, 2004).

3.2.1.3. Les teneurs en protéines

Les teneurs en protéines des aliments doivent être réduites pour limiter les risques de détérioration de la litière et l'excrétion azotée. Ceci est possible en disposant d'un ensemble de matières premières plus large qui peuvent contenir des A.A. complémentaires et en y associant des A.A. de synthèse (lysine, méthionine, thréonine) (Arnould, 1991). Les recommandations en protéines et en énergie métabolisable et le rapport entre eux sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5. Les recommandations en Protéines et en Energie Métabolisable en fonction de l'âge de l'animal

Âge (jours)	Taux protéique (%)	Energie métabolisable (Kcal/kg)	E.M. /T.P.
0 - 10	22	2900 - 2950	132
11 - 20	21	3000 - 3050	143
21 - 33	20	3100 - 3150	155
34 - 42	19	3100 - 3150	163
+ 42	17	3150	185

(Drougoul et al, 2004).

Par ailleurs, Leclercq et al. (1989) ont rapporté que les apports en protéines varient selon l'âge et la concentration énergétiques de la ration. Cette variation est montrée par le tableau 6 où les auteurs ont envisagées l'utilisation d'aliment contenant différents niveaux énergétiques et pour chaque niveau énergétique est associé un pourcentage de protéines brutes équivalent.

Tableau 6. Apports recommandés en énergie et en protéines pour les poulets de chair

Concentration énergétiques (Kcal EM/Kg)	2900	3000	3100	3200
Démarrage				
Protéines brutes (%)	21,5	22,2	23,0	23,7
Croissance				
Protéines brutes (%)	19,6	20,4	21,0	21,7
Finition				
Protéines brutes (%)	18,2	18,9	19,5	21,1

(Leclercq et al, 1989)

3.2.1.4. La notion de protéine idéale

Cette notion définit les besoins en acides aminés (A.A.) par rapport aux besoins en lysine fixés à 100 %. Les valeurs relatives des A.A. soufrés (A.A.S.) méthionine + cystine, augmentent avec l'âge des poulets car les dépôts protéiques au niveau des plumes représentent 5 à 6 % les premiers jours et 11 à 12 % en fin d'élevage. Les plumes sont riches en A.A.S. comparativement à la carcasse (A.A.S./lysine 0,62/1 pour la carcasse, 5/1 pour les plumes). Les besoins en différents protéines sont montrés par le tableau 7.

Tableau 7. Protéine idéale en fonction de l'âge (exprimé en rapport au taux de lysine digestible évalué à 100 %)

Âge			
Acides Aminés	0/14 jours	15/35 jours	+ 35 jours
Lysine	100	100	100
Méthionine + Cystine	74	78	82
Méthionine	41	43	45
Thréonine	66	68	70
Tryptophane	16	17	18
Arginine	105	107	109
Valine	76	77	78
Isoleucine	66	67	68
Leucine	107	109	111

(Drougoul et al, 2004)

3.2.1.5. Le rapport Energie / Protéines

Le choix du niveau protéique de l'aliment dépend de la teneur énergétique. Ceci étant, il y a lieu de respecter le rapport protéine/énergie. D'après Leclercq et al. (1989), ce rapport est de l'ordre de 74 au démarrage et 68 en croissance si on considère comme unité le g/100Kcal.

Guillaume(1998), a reporté qu'une diminution de ce rapport à 56 déclenchent une augmentation de la prise alimentaire de la part des poulets et une diminution du dépôt de gras abdominal. Toutefois, si on augmente ce rapport à 90 que ce soit par une élévation de l'énergie ou réduction de la protéine, il y aura une forte déposition de gras sur la carcasse (Grisoni, 1991).

3.2.1.6. La relation entre le gain protéique et le gain lipidique

Plusieurs études montrent qu'on peut réduire l'engraissement du poulet en augmentant l'apport alimentaire en protéines : le gain de lipides lui décroît systématiquement à l'augmentation du gain de protéines. En moyenne, l'élévation de la teneur de l'aliment en protéine de un point (10g/kg) entraîne une diminution de 7 à 14g/Kg de la teneur en lipides du poulet (Hammami, 2002).

Une autre expérience montre qu'on faisant varier l'apport protéique de 20% à 23%, nous enregistrons une réduction moyenne de 10% de la totalité des lipides corporels des animaux (Grisoni, 1991).

3.2.1.7. La réduction de la teneur protéique du régime

Le coût élevé des matières premières riche en protéine, a poussé les nutritionnistes à penser à diminuer la teneur protéique dans les aliments du poulet de chair. Par ailleurs, ce type de régime doit être supplémené en acides aminés industriels afin de garantir la bonne croissance de l'animal. il est assez intéressant de connaître le niveau de supplémentation des acides aminés pour éviter les chutes de poids et l'augmentation des quantités d'aliment consommées (Hussein et al, 2001)

Les régimes à basse teneur protéique ont été l'objet de plusieurs études scientifiques. Dans ce sens, une expérience a été réalisée par (Aletor et al. 2000) dans le but de tester les effets de supplémentation des acides aminés sur des régimes à basse teneur protéique. L'essai se base sur 5 régimes iso-énergétiques à une teneur protéique variable entre 15,3 % et 21% auxquels il y avait une supplémentation par les acides aminés essentielles afin d'assurer le besoin minimal en chacun de ces AA. Aucune différence significative n'est apparue entre les régimes ni au niveau du GMQ. Par contre, les résultats ont montré que les animaux recevant le régime le plus pauvre en protéines ont enregistrées la quantité consommée la plus élevée et l'indice de conversion le plus faible. Ce résultat est encore confirmé par (Durrani et al. 2005) qui a

montré que la réduction de la teneur en protéine n'aura pas d'influence négative sur les gains de poids tant que les régimes sont supplémentés par la lysine et la méthionine et la réduction n'a pas dépassé les 14%. Il est à noter également que la teneur protéique de l'aliment est directement liée à l'excrétion de l'azote. En fait, plus que la teneur en protéine diminue, plus que la quantité d'azote dans les fientes diminuent. (Aletor et al, 2000).

3.2.1.8. L'augmentation de la teneur protéique dans l'aliment

Guillaume (1998) a rapporté qu'une augmentation de la fraction protéique pour deux régimes iso- énergétiques, (de 20 à 24 et de 16 à 22) respectivement en démarrage et en finition, n'améliore le gain de poids et l'efficacité alimentaire qu'au démarrage. Au delà de cette phase, une forte concentration de protéine n'apporte pas nécessairement les meilleurs résultats (Guillaume, 1998)

D'après (Fockehey et Arnould, 1978) la fraction protéique de l'aliment et la consommation sont corrélés positivement. En fait, l'ingérée quotidien augmente avec l'augmentation de la teneur en protéine de la ration. Donc, une suralimentation protéique des poulets de chair n'est pas toujours bénéfique et elle est considérée inutile, voire même néfaste, si on tient compte de son coût élevé.

3.2.1.9. La digestibilité de l'aliment

Le processus de digestion de l'aliment dépend aussi de la granulométrie de la farine d'origine (quelle que soit la présentation finale, farine ou granulé) et de la nature des matières premières qui constituent la ration.

La digestibilité des aliments facilement assimilables (type maïs/ soja) est assez indépendante du type de broyage. Dans ce cas, le rôle de préparation du proventricule /gésier est assez réduit (atrophie du gésier) et les nutriments sont facilement absorbés dans la partie haute de l'intestin.

Par contre, les aliments constitués de céréales plus riches en polysaccharides non amylacés (P.N.A.) et/ou enrichis en matières grasses saturées, devront être broyés plus grossièrement pour subir une meilleure préparation dans le proventricule/gésier. C'est à dire, soumis à l'action de l'acide chlorhydrique, de la pepsine et du mucus sécrétés par les parois du proventricule (augmentation des sécrétions par les grosses particules) et ensuite, le broyage par l'action des muscles du gésier. Dans ce cas, le passage dans le duodénum est retardé (1 à 3 heures). Ce mécanisme fonctionne au maximum pour les grains entiers. Cette technique de broyage favorise aussi l'action des enzymes ajoutées dans la ration (cellulase, xylanase, glucanase, phytase) (Fockehey, 1978)

3.2.2. Les acides aminés

3.2.2.1. Les recommandations en acides aminés

- **Les acides aminés soufrés**

Une partie de la méthionine est utilisée par les oiseaux comme source de synthèse de la cystine. C'est la raison pour laquelle le besoin vrai en méthionine est moins bien connu que le besoin en méthionine plus cystine. Il est donc nécessaire de formuler sur la somme méthionine + cystine.

Cependant, dans les aliments riches en cystine (sous-produits d'abattoir, farine de plumes), le ratio méthionine/A.A.S. devra être respecté. Inversement, dans les aliments 100 % végétal, les taux de méthionine seront supérieurs.

Compte tenu de la composition des matières premières, les acides aminés soufrés sont les premiers facteurs limitant des aliments pour volailles.

D'autre part, le ratio acides aminés soufrés/lysine augmente avec l'âge en raison d'une augmentation importante de la synthèse des plumes dans la deuxième partie de la croissance en élevage.

Une déficience en acides aminés soufrés provoque à la fois une dégradation de l'I.C., du rendement en filet et une augmentation de la teneur en lipides. La croissance des plumes est prioritaire par rapport à la croissance musculaire. (Durrani et al., 2005)

- **La lysine**

La lysine est le deuxième facteur limitant des aliments poulet de chair. C'est aussi le mieux connu. Les besoins en lysine diminuent rapidement avec l'âge en raison de la très faible teneur en lysine des plumes. Un excès de lysine accroît les besoins en arginine (Balloun, 1992)

- **Les autres acides aminés**

Avec une ration à base de maïs, soja, et en absence de lysine industrielle, les autres acides aminés essentiels sont largement couverts.

L'utilisation de lysine industrielle nécessite la prise en compte des acides aminés suivants :

- Thréonine
- Valine
- Arginine

Ces dernières seront, en fonction des matières premières utilisées, les 3^{ème} ou 4^{ème} facteurs limitants. Dans la pratique, l'isoleucine et le tryptophane ne sont pas facteurs limitants.

Compte tenu de la composition des matières premières, l'utilisation de la lysine industrielle modifiera la hiérarchie des facteurs limitant. Le 3^{ème} facteur sera la thréonine, lorsque pois,

farine de viande ou de poisson seront incorporés dans les rations, alors que l'arginine et la valine seront les 3^{ème} et 4^{ème} facteurs limitants des rations maïs/soja.

Il convient de noter que les besoins en valine, arginine et isoleucine sont connus avec moins de précision que les acides aminés soufrés, la lysine ou la thréonine. (Jakob, 2003)

3.2.2.2. La hiérarchie des besoins en acides aminés

L'extériorisation du potentiel génétique dépend avant tout de la satisfaction des besoins en acides aminés. Les performances mesurées en termes de croissance, I.C. et qualité de carcasse, dépendent de la satisfaction des besoins pour l'acide aminé le plus limitant.

Les besoins en acides aminés dans le but de réaliser le maximum de croissance sont inférieurs à ceux nécessaires pour obtenir l'indice de consommation minimum.

Les besoins en vue d'obtenir le rendement en filet maximum sont les mêmes que ceux nécessaires pour minimiser l'indice de consommation.

La réduction de la teneur en lipides de la carcasse et du gras abdominal se poursuit avec l'augmentation de la teneur en acides aminés au-delà des besoins pour l'obtention de la croissance et de l'I.C. (Dalibard, 2003)

La hiérarchie des besoins en acides aminés s'établit ainsi :

- 1- la croissance des plumes
- 2 - la croissance pondérale
- 3 - le rendement filet I.C.
- 4 - l'engraissement.

3.2.2.3. Les recommandations

Les recommandations mentionnées ci-dessous sont exprimées en g d'acides aminés bruts ou digestibles pour 1000 Kcal d'énergie métabolisable par kg d'aliment, en fonction de l'âge des animaux. Elles ont été établies dans le but d'optimiser l'indice de consommation. Les marges de sécurité utilisées sont d'environ 5 % pour tenir compte de la variabilité des matières premières. les teneurs en acides aminées en fonction de l'âge est donné par le tableau 8.

Tableau 8. Les teneurs en Acides Aminés en fonction de l'âge de l'animal

g/1000 Kcal/kg	A.A. digestibles	A.A. bruts
Méthionine + Cystine	2,87 - 0,095 X	3,30 - 0,105 X
Méthionine	1,82 - 0,080 X	2,03 - 0,090 X
Lysine	3,80 - 0,157 X	4,47 - 0,183 X
Thréonine	2,50 0,095 X	2,93 0,110 X
Arginine	4,30 0,168 X	4,90 0,200 X
Valine	3,00 0,120 X	3,50 0,140 X
Isoleucine	2,68 0,095 X	3,05 0,115 X
Tryptophane	0,69 0,030 X	0,80 0,035 X

Avec X = âge exprimé en semaines

(Grisoni, 1991)

4. Les besoins énergétiques des poulets de chair

4.1. Définition des besoins énergétiques

On définit les besoins comme étant les quantités d'éléments nutritifs assimilables nécessaires au renouvellement de la matière vivante de l'animal, son accroissement éventuel et la synthèse des productions. (Tbini, 2000)

Le formulateur cherche toujours à présenter un aliment qui satisfait les besoins de l'animal en énergie, en protéines, en vitamines et en minéraux. Par ailleurs, les besoins du poulet varient selon la souche, les conditions d'ambiance et aussi avec l'âge.

En fait, au fur et à mesure que l'animal avance dans l'âge, ses besoins énergétiques augmentent alors que ses besoins protéiques diminuent. Cependant, la connaissance des besoins est souvent imparfaite, ce qui conduit l'éleveur ou le formulateur à prendre des marges de sécurité considérable. (Drougoul et al, 2004)

4.2. Les besoins en énergie pour les poulets de chair

Les volailles règlent en grande partie leur consommation d'aliment de façon à couvrir leurs dépenses énergétiques. L'accroissement de la construction énergétique de l'aliment entraîne toujours une réduction de l'ingestion et une amélioration de l'indice de consommation.

Toutefois, le développement corporel du poulet est d'autant plus rapide que la consommation quotidienne d'énergie métabolisable est plus élevée (Drougoul et al, 2004).

D'après Leclercq et al (1989), le niveau énergétique est perceptible jusqu'à 3200 Kcal EM/Kg pour les poussins âgés de 4 à 8 semaines. En dessous de ces valeurs, la réduction du poids vif à 56 jours est voisine de 30 g pour chaque diminution de 100 Kcal EM/Kg du niveau énergétique de la ration. Pour faire augmenter ce niveau, on fait souvent appel aux céréales (maïs et blé), à leurs produits de substitution (manioc) et aussi à des quantités de matières grasses. Cependant, le niveau énergétiques ne peut pas être fixé sans tenir compte d'un ensemble de contraintes ; prix des matières premières, engraissement souhaité, difficultés technologiques de fabrication... (Leclercq, 1986)

Compte tenu de ces contraintes, on cherche dans la plupart du temps à assurer un apport minimum en énergie plutôt qu'un apport optimum bien que ce dernier permettrait la production d'un poulet moins gras.

5. Rappel sur la microflore digestive des volailles

Au préalable, il semble important et utile de faire un rappel sur la microflore digestive des volailles et ses effets sur la physiologie digestive, son influence sur la valeur nutritionnelle de l'aliment et son rôle sur la santé de l'animal.

Chez les oiseaux, la flore intestinale du jabot à l'intestin est composée principalement de lactobacillus, alors que les caeca hébergent surtout des anaérobies stricts (Schrezenmeir et De Verse, 2001)

La microflore varie en fonction de l'âge de l'animal, de son environnement, du stress et de l'alimentation. Elle entraîne des changements de la structure et du fonctionnement du tube digestif. Elle entraîne des modifications de la digestion des aliments, ainsi qu'une augmentation des besoins énergétiques. La flore indigène a des conséquences sur la santé de l'animal du fait de la production de différents métabolites (Freter, 2004 ; Sun, 2004 ; Gabriel et al., 2005).

La flore digestive peut se trouver dans la lumière intestinale comme elle peut adhérer la muqueuse digestive. La flore luminale dépend des nutriments disponibles, de la vitesse de transit et de la présence ou non de substances antimicrobiennes. La flore des muqueuses dépend de l'expression par l'hôte de sites d'adhésion spécifiques sur les membranes des entérocytes, de la vitesse de production de mucus, et la production d'anticorps sécrétoires, et de l'extrusion de matériel cellulaire de la membrane (Freter, 2004).

5.1. Répartition de la flore intestinale du poulet

Le tube digestif des oiseaux, comme celui des mammifères renferme une population microbienne extrêmement riche et diversifiée, composée de nombreux microorganismes différents.

Ce microbiote, terme qui remplace dorénavant microflore, comprend des bactéries et des champignons. Chez le poulet, 29 genres bactériens ont été identifiés, chaque genre serait représenté par 3 à 4 espèces, et chaque espèce par 3 à 4 types métaboliques différents, ce qui ferait plus de 200 types différents (Gabriel et al., 2003).

La microflore bactérienne digestive peut être divisée en trois groupes distincts:

- une flore dominante (plus de 10^7 germes/g) composée d'espèces anaérobies strictes et spécifique de l'espèce aviaire: lactobacilles, entérobactéries.

- une flore sous dominante (10^5 à 10^7 germes/g) composée de streptocoques et d'entérobactéries moins spécifique de l'espèce.
- une flore transitoire (moins de 10^5 germes/g) souvent anaérobies strictes.

A la naissance le tube digestif des animaux est totalement stérile mais en 6 à 12 heures, quelques bactéries s'implantent à son niveau à partir de l'environnement. Chez les volailles l'inoculation naturelle se fait à partir de la flore des adultes ou de celle des aliments (Jean-Blain, 2002).

5.2. Rôle de la flore digestive

La flore digestive semble avoir des fonctions nutritionnelles, métaboliques, immunologiques et protectrices (Lee, 2000).

5.2.1. Aspect nutritionnel

- **Digestion des glucides**

Parmi les glucides, on distingue deux types: ceux que l'oiseau peut digérer (amidon, dextrine, oligosaccharides et monosaccharides) et ceux qui ne peuvent être utilisés que par la microflore, les polysaccharides non amylacés (cellulose, hémicellulose, substances pectiques)

Dans le cas des glucides utilisables par l'hôte, la microflore ne semble pas intervenir. En effet elle ne peut pas modifier l'activité des enzymes impliquées dans leur digestion, telle que l'amylase pancréatique ou les disaccharidases intestinales, ni l'absorption du glucose. Bien qu'au niveau du jabot, certaines souches de lactobacillus auraient une activité amylolytique secondant l'action des amylases endogènes.

En ce qui concerne les glucides que l'oiseau ne peut utiliser, ils sont fermentés par la microflore, dans le jabot et principalement au niveau des caeca sans avoir un rôle significatif (Gabriel et *al.*, 2003).

- **Digestion des protéines**

L'effet de la microflore sur la digestibilité des protéines conduit selon les études à des résultats variables, probablement dus aux différences des compositions des régimes alimentaires.

La microflore aurait un effet positif sur la digestion des protéines dans le cas de protéines de mauvaise qualité qui sont mal hydrolysées par l'hôte et pourraient être hydrolysées par la microflore. Dans le cas des protéines sévèrement modifiées par la chaleur, même la

microflore ne pourrait les hydrolyser. Par ailleurs la microflore pourrait avoir un rôle sur la digestibilité dans la mesure où elle augmente la production de protéines endogènes (mucus, débris cellulaire, biomasse microbienne). D'une manière générale, la flore digestive semble jouer un rôle de conservation de l'azote: libération et recyclage de NH_3 (Larbier et Leclercq, 1994)

- **Digestion des lipides**

Comme chez tous les animaux, la flore digestive des oiseaux modifie largement les sels biliaires (déconjugaison, désulfatation et déhydroxylation). En outre elle participe à la saturation des acides gras polyinsaturés par hydrogénation. Comme les sels biliaires servent à la formation des micelles, leur faible concentration réduit la solubilisation des lipides et donc leur absorption, en particulier ceux contenant des acides gras saturés à longue chaîne. (Larbier et Leclercq, 1994).

- **Digestion des Minéraux et vitamines**

La microflore intervient également sur le métabolisme minéral et vitaminique. Elle a un effet négatif sur l'absorption du calcium et entraîne une augmentation des besoins en magnésium et en phosphore.

Les vitamines hydrosolubles, surtout de groupe B, sont synthétisées en quantités appréciables par la flore bactérienne au niveau des caecums du poulet ainsi que la vitamine K, mais en quantité insuffisante pour répondre aux besoins.

Elles seraient utilisées par la microflore, sauf l'acide folique qui pourrait servir à l'animal. En présence de flore les besoins en vitamines seraient augmentés pour détoxifier les produits bactériens et répondre au stress physiologique (Souilem et Gogny, 1994).

5.2.2. Effet de la flore microbienne sur la santé de l'animal

- **Stimulation du système immunitaire**

La flore intestinale participe au développement et au maintien d'un système immunitaire intestinal (SII) efficace. D'une part, elle est une source d'antigènes capables de déclencher la réponse immunitaire spécifique systémique et locale, d'autre part, elle influence le nombre et la distribution des populations cellulaires du SII et joue un rôle dans la régulation de la réponse immunitaire où elle serait responsable de l'évolution de la production d'IgM en IgG, ces derniers étant les anticorps les plus importants quantitativement (Cebra, 1999).

La flore digestive est le stimulus antigénique majeur responsable de la migration et de la maturation des cellules lymphoïdes précurseurs présentes dans les plaques de Peyer. Ainsi, elle agit sur le développement et la maturation des plasmocytes producteurs d'IgA sécrétoire. Certaines bactéries stimulent l'immunité non spécifique en activant la fonction des macrophages (phagocytose, synthèse de cytokines) (Lee et *al.*, 2002).

- **Protection contre les microorganismes pathogènes**

La flore autochtone empêche l'implantation de la flore pathogène. Les interactions microbiennes sont les principales responsables du maintien et de la régulation de la microflore gastro-intestinale de l'hôte; elles sont à la base des mécanismes par lesquels la microflore, s'oppose à l'établissement des microorganismes que l'organisme hôte ingère quotidiennement. Les divers mécanismes formant la première ligne de défense de l'hôte sont nommés résistance à la colonisation, exclusion compétitive, ou effet barrière en empêchant leur translocation dans la circulation sanguine. L'effet barrière de la microflore intestinale est dit préventif ou curatif selon qu'il se manifeste avant ou après l'introduction du germe pathogène. Cet effet est dit drastique si la bactérie indésirable est totalement éliminée. Il est dit permissif si le germe pathogène nouvellement se range dans la population sous dominante. Les mécanismes à la base de cet effet barrière sont variés:

La flore naturelle du jabot, en particulier les lactobacilles, est fixée sur l'épithélium squameux non sécrétoire du jabot des volailles (Gabriel et *al.*, 2003).

Cette faculté d'adhésion permet à cette flore de se maintenir en place en quantité importante pendant toute la vie de l'animal. Elle est également présente dans la lumière et diminue le pH de cet organe autour de 4.5 conduisant à un effet bactéricide limitant la croissance des bactéries néfastes. La flore produit aussi des acides gras volatils, dont le type et la quantité dépendent de la nature des bactéries et des substrats disponibles. Dans le jabot, on trouve principalement de l'acide lactique, et dans les caeca, principalement de l'acide acétique, en moins grande quantité de l'acide propionique et butyrique, et des traces d'autres acides. Ces acides gras organiques ont un effet bactéricide.

L'effet barrière peut être dû à la production de substances antimicrobiennes par la flore autochtone. Ces composants peuvent soit inhiber, soit tuer les pathogènes. Ainsi, les lactobacilles homofermentaires dont *L. acidophilus* produisent différents types de

bactériocines qui ont un large spectre d'activité, ainsi que du peroxyde d'hydrogène (Prioult, 2003).

- **Production des substances et métabolites**

Les bactéries produisent des vitamines B, K et E et différentes substances antimicrobiennes. La flore bactérienne produit des acides gras volatils qui ont un effet barrière. En plus les bactéries produisent de l'ammoniac qui pourrait être utilisé par l'hôte pour la synthèse d'acides aminés non essentiels, mais qui est aussi néfaste pour la cellule et doit être détoxifier en acide urique. Les bactéries décarboxylent certains acides aminés conduisant à la formation d'amines. Ces amines qui stimulent la croissance de la muqueuse intestinale pourraient également avoir un effet négatif. Ainsi, l'histamine, bien qu'étant beaucoup moins efficace que les cytokines, est impliquée dans la réaction inflammatoire, le tableau 9 cite les différents produits sécrétés par la microflore digestive (Gabriel et *al.*, 2005).

Tableau 9. Les produits et les substances sécrétés par la microflore digestive

Produits Bénéfiques	Produits néfastes
- Vitamines - Acide lactique - Bactériocine - Métabolites de l'oxygène - Peroxyde d'hydrogène - Radicaux libres	- Acide Cholique - Enzymes déconjugant les sels biliaires - Indole et Scatole - Mercaptan d'éthyl et de méthyl - Endotoxines - Entérotoxines - Substances mutagènes et carcinogènes - Oligopeptides potentiellement inflammatoires
<u>Produits bénéfique pouvant aussi avoir un effet négatif</u> - Acides gras Volatils : - Acétate - Propionate - Isobutyrate - Butyrate - Valérate - Isovalérate - Ammoniac - Amines (putrescine, spermidine, spermine, histamine)	

(Gabriel et *al.*, 2003).

5.2.3. Métabolisme azoté et énergétique

L'effet de la flore digestive sur le tube digestif a des conséquences sur le métabolisme global de l'animal. Bien que l'intestin représente une faible proportion du poids du corps, c'est un organe gros consommateur d'énergie et de protéines du fait de son renouvellement rapide (24-48h). L'augmentation de son développement induit par la flore digestive représente donc un coût supplémentaire pour l'animal. (Furuse, 1994).

5.2.3.1. Métabolisme azoté

La flore peut avoir un effet favorable. En effet, les composés azotés d'origine alimentaire, comme l'acide urique, qui persistent dans les caeca, sont dégradés par les bactéries en AGV et en ammoniac qui sont absorbés (Braun et Campbell 1989, Braun 2003). Une partie de l'ammoniac est incorporée dans le glutamate qui est utilisé pour la synthèse de protéines ou de glucose. A l'inverse, les besoins en protéines des poulets conventionnels sont plus élevés que ceux des poulets axéniques. En présence d'une microflore digestive, la synthèse protéique est augmentée de 25 % au niveau du foie (métabolisme et détoxification des produits bactériens) et de 45 % au niveau de l'intestin, soit une augmentation de 6 à 8 % des synthèses protéiques totales (Muramatsu, 1987).

Par ailleurs, avec un régime pauvre en énergie métabolisable (2 800 kcal/kg), la présence de microflore entraîne une diminution de l'utilisation des protéines. Ainsi les animaux conventionnels ont une moins bonne rétention protéique (protéine retenue / unité de temps) et un moins bon taux de rétention protéique (protéines retenues / protéines consommées) que des animaux axéniques (Furuse, 1994).

5.2.3.2. Métabolisme énergétique

La microflore affecte la teneur du régime en énergie métabolisable négativement (Kussaibati et al 1982) ou positivement (Furuse et Okumura 1994). Le type d'alimentation modulant la flore serait à l'origine de ces différences. L'effet négatif de la flore s'explique par la diminution de la digestibilité des nutriments, en particulier ceux des lipides, aux pertes liées à la fermentation des glucides disponibles pour l'animal, et à l'augmentation des pertes endogènes. Elle a par ailleurs, un effet bénéfique lié aux fermentations des glucides non utilisés par l'hôte. Elle produit ainsi des AGV qui peuvent servir de source d'énergie pour l'animal, après absorption en particulier au niveau des caeca. Cependant, les estimations des apports énergétiques liés aux AGV sont très variables selon les auteurs (Jin, 2000).

La flore augmente les besoins énergétiques d'entretien (Furuse et Okumura 1994). Bien que le métabolisme intestinal soit augmenté du fait de la plus forte synthèse protéique, cette perte énergétique est faible. Cette augmentation des besoins énergétiques s'expliquerait par un détournement de l'énergie alimentaire par les bactéries et une consommation d'énergie pour détoxifier les nombreuses substances produites par la microflore. Globalement la flore entraîne donc une augmentation des besoins énergétiques.

6. Principale caractéristiques du Soja

Le soja est l'une des plus importantes plantes oléagineuses du monde; c'est également un aliment de base en Orient. Originnaire d'Extrême-Orient, sa culture s'est étendue à d'autres pays, en particulier aux Etats-Unis.

Typiques d'une légumineuse, les graines de soja ont un tégument lisse, épais et souvent brillant. La préparation des graines est la même, indépendamment du mode d'extraction de l'huile. Les graines sont nettoyées, séchées (si leur teneur en eau est supérieure à 13%) et brisées. Elles sont souvent décortiquées, puisque leur tégument est pauvre en huile et que, dans ce cas, la capacité d'extraction de l'usine est accrue. Etant donné la teneur en huile assez faible des graines (moins de 20%), l'extraction par solvant est la pratique la plus courante. Avec ce procédé, les graines brisées sont réduites en flocons. La farine, après extraction de l'huile, est broyée dans des moulins à marteaux. Le tourteau ou la farine sont généralement commercialisés selon leur teneur en protéine brute: 41% pour le tourteau non décortiqué obtenu par passage à l'expeller ou à la presse hydraulique. 44% pour la farine non décortiquée extraite par solvant; et 50% pour la farine décortiquée extraite par solvant. Les pourcentages réels de protéine brute sont quelque peu supérieurs aux chiffres garantis (Evrard, 2005).

6.1. La Graine

C'est le soja qui, parmi toutes les graines courantes utilisées pour l'alimentation du bétail, est la plus riche en protéines; c'est donc à cet égard un aliment de grande valeur. Le soja ne doit être stocké que lorsqu'il est bien sec. A la récolte, les graines ont souvent une teneur en eau trop élevée pour permettre une bonne conservation; elles devront donc être séchées à moins de 15%. Pour l'alimentation du bétail, elles seront de préférence brisées ou broyées (le broyage est plus facile lorsque les graines sont mélangées avec des céréales en grains). En cas de quantités importantes dans l'alimentation des volailles, il est nécessaire de s'assurer que le régime alimentaire proposé renferme des quantités suffisantes de vitamine A. Dans les pays chauds, il est impossible de conserver le soja broyé (Lacassagne, 1988).

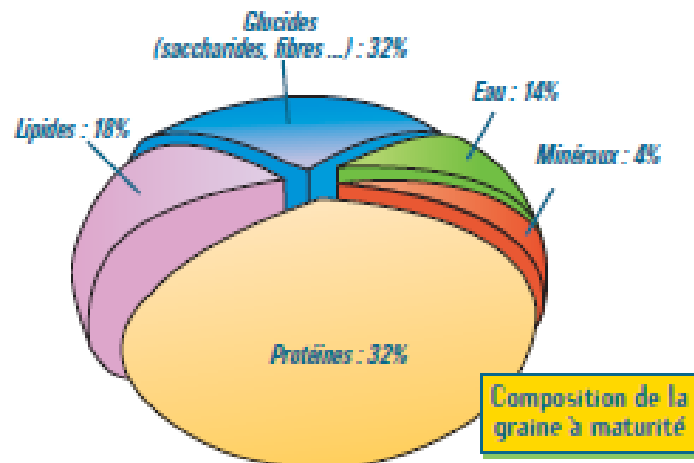


Figure 4. La composition de la Graine de Soja (Anonyme, 2004)

6.2. Inhibiteur de la trypsine

Il existe des principes inhibiteurs et toxiques parmi les constituants azotés de la graine. Le plus important est l'inhibiteur de la trypsine du soja qui bloque l'activité de la trypsine, un enzyme digestif. Cet inhibiteur est détruit par la chaleur; aussi, le soja étant normalement chauffé avant ou pendant son traitement, ne constitue-t-il pas un problème pour les tourteaux. Les graines entières devront toutefois être totalement chauffées avant d'être données aux porcs ou aux volailles. Une chaleur trop élevée ou de trop longue durée peut détruire les acides aminés essentiels. Le soja contient également de l'uréase, enzyme libérant l'ammoniaque de l'urée; le soja ne peut donc pas être donné comme aliment avec de l'urée (Valdehouse, 1980).

6.3. Téguments

Les téguments, également appelés issues, sont les sous-produits de la farine de soja décortiqué. Ces issues sont riches en fibre et sont utilisées pour l'alimentation des ruminants. Mélangées à des produits à faible teneur en fibre tels que la farine de maïs et de soja, elles peuvent être incorporées dans la portion concentrée d'un régime (jusqu'à 40%) sans réduction notable du rendement en lait (Evrard, 2005).

6.4. Le Tourteau de soja

Le tourteau ou la farine de soja constituent l'une des plus importantes sources de protéines végétales. Leur composition en acides aminés est comparable à celle des protéines du lait. Il est cependant indispensable de ne pas perdre de vue les carences de la farine de soja lors de son utilisation dans les aliments composés, en remplacement des protéines animales. Certains

éléments minéraux ne sont présents qu'en petites quantités dans la farine de soja et, bien que cette dernière soit une bonne source de vitamines, elle ne contient pas de vitamine B12, vitamine que l'on trouve dans les suppléments de protéine animale. C'est probablement celle qui fait le plus souvent défaut dans les rations destinées aux volailles.

Il est possible de juger, en la goûtant, si la farine a été suffisamment chauffée au cours du traitement pour pouvoir être donnée en toute sécurité aux porcins et à la volaille. Elle devra avoir un goût de noix agréable et une couleur brun pale. Elle ne sera utilisée que pour les ruminants si elle présente un goût âcre de " haricot ". Bien chauffé, le tourteau de soja est un excellent aliment pour toutes les catégories d'animaux sans aucune restriction pour son utilisation, à l'exception de la farine de soja extraite au trichloréthylène, qui est toxique pour certains animaux et sera donc éliminée (Plouzeau, 1990).

6.5. Extraction, transformation et spécification des tourteaux de soja

La transformation du soja actuelle est basée essentiellement sur la technique de l'extraction par solvant dans le but d'obtenir de l'huile brute, d'une part, et un tourteau dégraissé, d'autre part. La plus grande partie du tourteau ainsi obtenu est utilisée pour nourrir les animaux, le reste étant transformé pour les besoins de la consommation humaine et industrielle.

Les installations modernes d'extraction du soja sont d'habitude relativement grandes, avec des capacités de meunerie variant d'un millier de tonnes par jour à quelque trois mille tonnes par jour. Au vu de tels volumes, il n'est pas surprenant que des problèmes occasionnels puissent se poser et se manifester par la suite dans la qualité du produit du soja et les performances de l'animal.

Le tourteau de soja, décortiqué, extrait par solvant, est obtenu en meulant les flocons restant après extraction par solvant de la plus grande partie de l'huile du soja décortiqué. Sa teneur en cellulose brute ne peut excéder 3,5%. Il peut contenir du carbonate de calcium ou un agent d'anti-agglutination sans dépasser la limite de 0,5% de façon à réduire l'agglutination et à améliorer la fluidité (Berk, 1992).

7. Le procédé d'extraction du tourteau soja

Le procédé d'extraction du soja passe par plusieurs étapes pour obtenir enfin des produits finis appelés tourteaux, le schéma de fabrication du tourteau de soja est expliqué dans la figure 5.

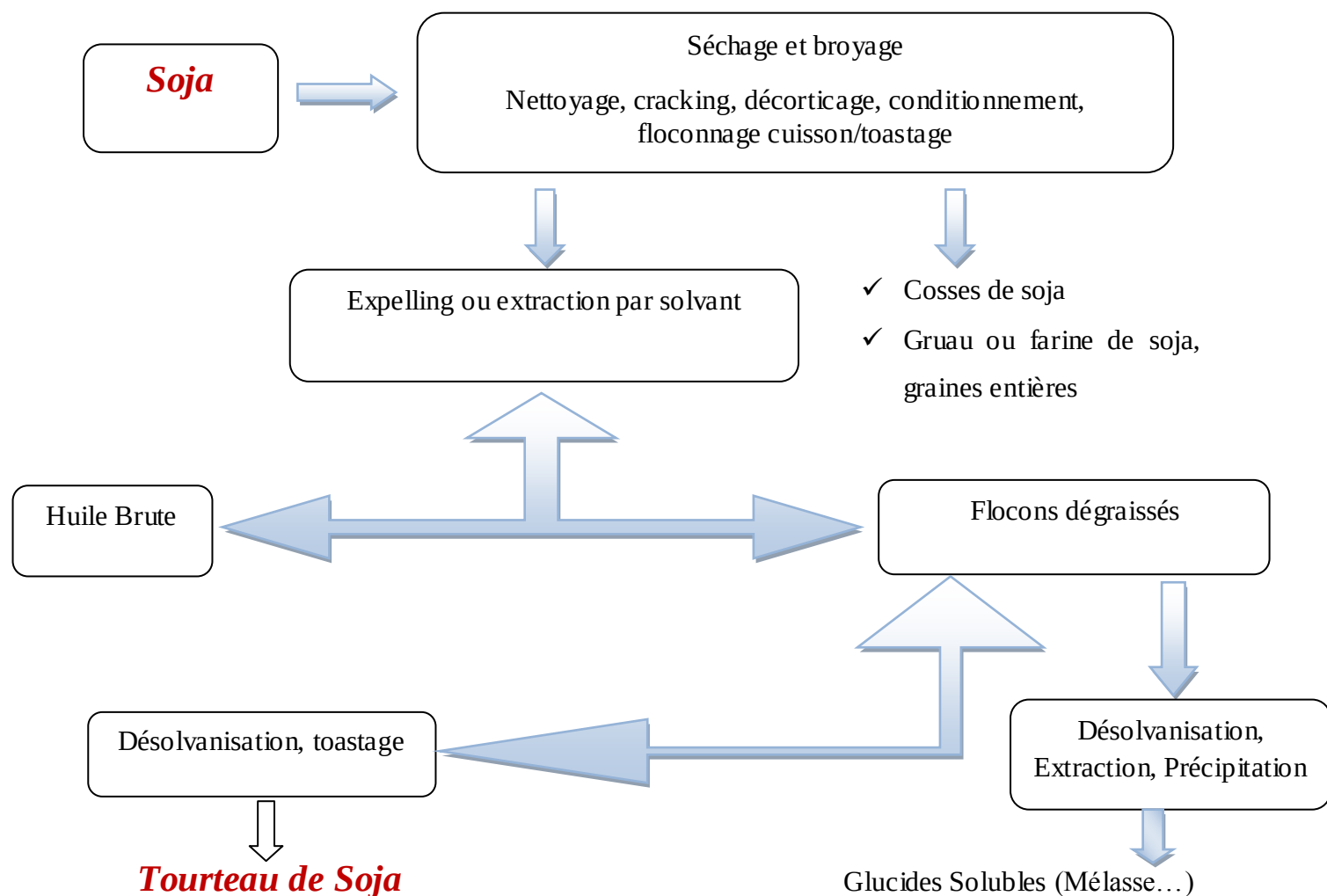


Figure 5. Le Procédé d'extraction du tourteau de soja

Au moment de la récolte, le soja est habituellement stocké au niveau local dans un élévateur à céréales ou à la ferme. Au besoin, les graines sont séchées artificiellement jusqu'au moment d'obtenir un niveau d'humidité sans risque pour le stockage. Après avoir été stockées et nettoyées, les graines subissent un traitement thermique relativement doux visant à détacher le tégument des cotylédons (Liener, 1980).

La première phase du procédé d'extraction est le concassage des graines et l'élimination des coques. Les cylindres de concassage fragmentent chaque graine en 6 à 8 morceaux et détachent la coque de l'endosperme. Les coques sont ensuite généralement éliminées par aspiration, un procédé qui permet de les séparer facilement des fragments d'endosperme (Beaven, 1984). Les fragments d'endosperme sont tout d'abord soumis à une chaleur sèche de

65° C environ afin de les assouplir et de pouvoir ensuite les transformer en flocons sans créer trop de fines.

Les fragments de graine conditionnés sont ensuite aplatis en flocons d'environ 0,38 mm. Cette opération a deux objectifs : d'une part, elle augmente considérablement la zone de surface, ce qui permet d'accroître l'efficacité de l'extraction par solvant en améliorant le taux de lixiviation à partir de l'intérieur du flocon, et, d'autre part, avantage plus important, elle brise les cellules oléagineuses de chaque fragment, libérant ainsi l'huile pour améliorer l'extraction (David L., 1961).

Bien qu'il en existe plusieurs types, les extracteurs fonctionnent tous suivant un même principe de base en ce qui concerne la façon dont les flocons et le solvant évoluent à l'intérieur de l'extracteur. Ce principe est celui de la circulation à contre-courant du solvant par rapport aux flocons, tous les extracteurs utilisent l'hexane comme solvant de premier choix. Dans ce concept, de l'hexane frais est injecté à la base du système d'extraction et aspiré vers le haut en traversant tous les flocons, ce qui permet d'augmenter la teneur en huile à chaque point de passage.

La dernière étape consiste à l'élimination du solvant. Lorsqu'ils quittent l'extracteur, les flocons dégraissés et enrichis en solvant sont transférés vers un " évaporateur-torréfacteur " ou DT (desolventiser-toaster) en abrégé. L'évaporateur soumet les flocons à une chaleur sèche dans un premier temps en vue d'éliminer la plus grande quantité possible d'hexane. Les flocons sont ensuite traités à la vapeur pour enlever les résidus finaux de solvant. Ce traitement à la vapeur est également utilisé pour amorcer l'opération de dénaturation des facteurs antinutritionnels trouvés dans le soja (Melcion, 1989).

8. Qualité du tourteau de soja

La qualité du soja est relativement régulière. Par conséquent, la qualité du tourteau de soja est essentiellement modifiée par les méthodes de traitement, de manutention et de stockage lors de la production et du transport du tourteau. Parmi les facteurs pouvant être modifiés, citons les suivants :

8.1. Protéines

La teneur en protéines du tourteau de soja traditionnel (44%) est affectée par la quantité de substances étrangères présentes dans les graines ou par la quantité de coques de soja rajoutées au tourteau lors du traitement. Le soja cultivé dans les régions du Nord des Etats-Unis a

tendance à contenir sensiblement moins de protéines. Des effets saisonniers influencent également la teneur en protéines du soja. Ces facteurs modifient la teneur en protéines du tourteau de soja décortiqué et provoquent des variations dans la teneur garantie en protéines du tourteau de soja décortiqué. Ces garanties varient de 46,5% à 50% de protéines (Daudin, 1996).

8.2. Graisse

La teneur en huile du tourteau de soja peut être modifiée par le processus d'extraction par solvant. Si le processus d'extraction est incomplet, la quantité d'huile résiduelle sera élevée. L'huile accroît la valeur énergétique du tourteau de soja, mais, si le tourteau est destiné à être stocké pendant un certain temps, la teneur élevée en huile risque de le faire rancir. C'est pourquoi un maximum de 1% d'huile dans le tourteau de soja est recommandé. La garantie minimale est de 0,1%. La plupart des tourteaux en contiennent environ 0,5% (Galyean, 1997)

8.3. Fibres

La teneur en fibres du tourteau de soja provient principalement des coques qui sont rajoutées au tourteau lors du traitement. Des substances étrangères dans le soja peuvent également accroître la teneur en fibres du tourteau. Naturellement, les fibres atténuent la teneur du tourteau de soja en énergie métabolisable. Les garanties maximales en fibres pour le tourteau de soja 44% et décortiqué sont respectivement de 7 et de 3,3 à 3,5%(Dudley, 1999).

8.4. Humidité

L'humidité maximale dans le tourteau doit être de 12%. Un taux d'humidité supérieur peut provoquer le développement de moisissures dans le tourteau si celui-ci est stocké dans un environnement où la température est élevée. Un taux d'humidité supérieur atténue également la valeur nutritionnelle du tourteau de soja (Givens, 1997).

8.5. Facteurs antinutritionnels

Le soja cru contient des toxines naturelles nuisibles à la volaille. Inhibiteurs de la trypsine et de la chymotrypsine - le facteur antinutritionnel posant le plus de problèmes est un inhibiteur de la trypsine. Les inhibiteurs de la trypsine perturbent la digestion des protéines. La taille du pancréas des volailles augmente alors de 50 à 100%, ce qui a un effet défavorable sur la croissance de l'oiseau et la production d'œufs. Parmi les autres toxines, citons des composés tels que les phytohémagglutinines (lectines). Ces toxines entravent l'absorption normale de

l'amylase pancréatique, ce qui entraîne une élimination rapide de l'enzyme dans les excréments. L'importance de ces composés est inférieure à celle des inhibiteurs de la trypsine.

L'uréase joue uniquement un rôle important dans la nutrition des monogastriques en tant qu'indicateur pour la mesure de la pertinence du traitement. Elle est toutefois importante en relation avec les aliments destinés aux ruminants et contenant de l'urée (De Lange, 2000).

Les principaux facteurs antinutritionnels présents dans le tourteau de soja sont :

- Facteurs allergènes : étant donné leur action sur l'intégrité des microvillosités de l'intestin grêle, la glycinine et la β -conglycinine réduisent l'absorption des nutriments.
- Lipase et lipo-oxygénase : sont responsables de la peroxydation et du goût de haricot du tourteau de soja.
- Hexane : il s'agit du solvant utilisé pour extraire l'huile du soja. Une élimination inadéquate de l'hexane après l'extraction provoque une atteinte hépatique des volailles. En règle générale, l'excédent d'hexane ne pose pas de problème car, pour des raisons de sécurité et de coût, les entreprises de trituration font tout ce qui est possible afin de l'éliminer.

Il est à noter que les composés antinutritionnels présents dans le soja sont sensibles à la chaleur et peuvent être détruits au moyen d'un traitement adéquat du soja (en le grillant) lors de la production du tourteau de soja (Delort, 1991).

8.6. Taille des particules

Le tourteau doit être homogène, couler librement, ne contenir aucune particule grossière ou excessivement fine. Les particules grossières permettent aux volailles de sélectionner le tourteau de soja au milieu des aliments non comprimés, ce qui entraîne des déséquilibres alimentaires et n'est donc pas souhaitable.

Un tourteau de soja extrêmement fin produit une quantité démesurée de poussière lors des opérations de fabrication et lorsque le tourteau de soja est utilisé dans des aliments sous la forme de farine (Daudin, 1996).

8.7. Fluidité

Le tourteau de soja est un aliment qui ne coule pas bien dans les silos des usines d'aliments et a également tendance à s'agglutiner ou à former des amas. Par conséquent, des antiagglomérants et des fluidifiants sont souvent ajoutés au tourteau.

Du calcaire (carbonate de calcium) est fréquemment utilisé. Un maximum de 0,5% est recommandé (Givens, 1997).

8.8. Autres propriétés physiques

- ✓ La couleur doit aller d'un doré léger à un brun clair
- ✓ L'odeur doit être fraîche, il ne doit pas sentir le rance, le moisi ou le brûlé
- ✓ Le goût doit être fade, exempt de tout goût de haricot ou de brûlé
- ✓ La densité en vrac doit être de 16,4 à 18,2 kg par pied cube.

9. Evaluation de la qualité du tourteau de soja

Diverses méthodes permettent d'évaluer la qualité du tourteau de soja. Citons les suivantes :

9.1. Observation visuelle

Il convient d'examiner des échantillons représentatifs des envois de tourteau de soja afin de déterminer la présence d'une contamination évidente. Le tourteau peut avoir été contaminé par des céréales telles que le maïs lors du transport et du stockage, ce qui peut naturellement se voir à l'œil nu. Si l'ampleur de ce type de contamination est suffisamment importante, elle peut atténuer la teneur nutritive du tourteau (West, 2002).

9.2. Analyse des protéines, des fibres et de l'humidité

Comme le tourteau de soja est principalement utilisé dans les compositions alimentaires pour fournir des protéines et des acides aminés, il est important de déterminer s'il contient la teneur minimale garantie en protéines.

Le tourteau de soja est incorporé dans des compositions alimentaires afin de fournir des protéines. Cependant, le tourteau de soja fournit également de l'énergie. Une analyse des fibres en laboratoire permet de déterminer si la teneur en fibres alimentaires est inférieure aux garanties maximales. Si elle est supérieure aux garanties, les valeurs énergétiques du tourteau de soja seront probablement inférieures aux valeurs des tables. Ce principe est également valable pour l'humidité. Un risque de moisissure et d'agglutination est également présent si le taux d'humidité dépasse 12% et si la température est favorable (Galyean, 1997).

9.3. Dualité du traitement à la chaleur

Il a été amplement prouvé que le soja doit être traité à la chaleur afin de détruire les facteurs antinutritionnels. La température à laquelle le soja est chauffé est extrêmement délicate. Si le

soja n'est pas chauffé suffisamment, les facteurs antinutritionnels ne sont pas détruits et la digestibilité des acides aminés est altérée. Si le soja est chauffé excessivement, les facteurs antinutritionnels sont détruits et la digestibilité des acides aminés en souffre également. (West, 2002).

Le tableau 10 montre les conséquences d'un traitement excessif du tourteau de soja. Ces données démontrent que les valeurs analytiques ainsi que la digestibilité de la lysine et de la cystine ont été réduites par un traitement prolongé à la chaleur. Cependant, la méthionine et la thréonine n'ont pas été affectées de la même façon. Il est bien connu que la lysine est affectée par la réaction de Maillard qui lie les acides aminés libres de la lysine aux groupes carbonyles (Garlich, 1992).

Tableau 10. Conséquences d'un traitement insuffisant sur la digestibilité des acides aminés du soja cru

Digestibilité (%)				
Temps d'autoclavage Minutes	Lysine	Méthionine	Cystine	Thréonine
0	73	65	67	64
9	78	70	70	68
18	87	86	83	82

(Garlich, 1992)

10. Importance du tourteau de soja dans l'alimentation des volailles

Le soja est utilisé comme source de protéines/d'acides aminés dans les régimes humains depuis plus de 5000 ans. Le soja a été introduit aux Etats-Unis au début du 20^e siècle, principalement pour sa teneur en huile. Plus tard, on découvrit que le sous-produit de meunerie constituait un aliment de choix pour le bétail et la volaille lorsqu'il était correctement transformé. Dès 1917, il a été démontré en nourrissant des rats avec du soja, que le soja cru était inférieur du point de vue nutritionnel au soja correctement traité à la chaleur.

Depuis cette époque, le tourteau de soja est devenu la principale source de protéines pour la volaille et le bétail à travers le monde. Il est la norme à laquelle les autres sources de protéines sont comparées. Il est également devenu la source de protéines servant à déterminer le prix des protéines destinées à l'alimentation du bétail à travers le monde.

De 1988 à 1998, la production mondiale de soja a augmenté de 4, 017,141 tonnes par an. En 1998, 157 millions de tonnes de soja ont été produites dans le monde. En 1998, la production de tourteau de soja s'est élevée à 101 millions de tonnes (Evard, 2005).

Aux Etats-Unis, le tourteau de soja est la première source de protéines complémentaires dans les régimes des volailles, des porcs et du bétail. En 1998, 13,28 millions de tonnes de tourteau de soja ont été utilisées dans les régimes des volailles. Dans de nombreuses compositions alimentaires destinées aux volailles et aux porcs, le tourteau de soja est l'unique source de protéines complémentaires. Les volailles consomment 52,9% du tourteau de soja utilisé aux Etats-Unis (Britzman, 1998).

Le tourteau de soja comme source de protéines complémentaires dans l'alimentation des volailles est un choix excellent pour plusieurs raisons, entre autres les suivantes :

- La teneur en protéines du tourteau de soja est très élevée par rapport à d'autres sources de protéines végétales.
 - ✓ 44% avec les coques
 - ✓ 46,5% à 50% sans les coques
- Le tourteau de soja possède un excellent profil en matière d'acides aminés et d'autres Nutriments, y compris le potassium et des vitamines telles que la choline, l'acide folique, la riboflavine, l'acide nicotinique, l'acide pantothenique et la thiamine, ainsi que l'illustre le tableau11.

Tableau 11. Principaux nutriments dans le tourteau de soja traditionnel et décortiqué

pourcentage	Tourteau traditionnel	Tourteau décortiqué
Matière sèche	88,2	88,4
Protéines	44	47,5
Extrait d'éther	0,8	1,0
Fibres alimentaires	7,0	3,9
Méthionine	0,62	0,67
Cystine	0,66	0,72
Lysine	2,69	2,90
Tryptophane	0,74	0,74
Thréonine	1,72	1,87
Phénylalanine	2,16	2,34
Tyrosine	1,91	1,95
Valine	2,07	2,22
Arginine	3,14	3,48
Histidine	1,17	1,28
Leucine	3,39	3,74
Isoleucine	1,96	2,12
Energie métabolisable, Kcal. /Kg	2230	2440
Choline, Mg/ Kg	2794	2731
Calcium, %	0,29	0,27
Potassium, %	2,00	1,98

(Britzman, 1998)

Les acides aminés contenus dans le tourteau de soja sont hautement digestibles. Le tableau 12 présente une comparaison de la digestibilité par rapport à d'autres sources de protéines. Parmi toutes les sources de protéines communément disponibles, le tourteau de soja possède la digestibilité la plus élevée pour la lysine (91%). Ces résultats sont également élevés pour la digestibilité de la méthionine, la cystine et la thréonine. La méthionine est le premier indice protéique dans la plupart des régimes des volailles. De plus, les variations au niveau de la digestibilité sont inférieures pour le tourteau de soja, comparativement à d'autres farines d'oléagineux. La valeur relative du tourteau de soja en tant que source de lysine par rapport à celle d'autres compléments protéiques est présentée dans le tableau 12.

Le tourteau de soja est une source agréable au goût de protéines complémentaires. Il n'affecte pas l'acceptabilité du goût des différents rations, lorsqu'il est correctement traité, il ne contient aucune toxine ni aucun facteur antinutritionnel pouvant affecter le rendement des volailles ou du bétail. Par rapport à d'autres sources de protéines végétales, le tourteau de soja contient peu de fibres et beaucoup d'énergie.

A titre d'exemple, le tourteau de soja 44% contient environ 7% de fibres, tandis que le tourteau de soja décortiqué contient environ 3,3 à 3,5% de fibres (Blum, 1981).

Cette oléagineuse peut être utilisée comme source unique de protéines complémentaires pour tous les types de volaille, à tous les stades de la croissance ou de la production. Dans la plupart des régimes des volailles, le tourteau de soja fournit 80% des acides aminés alimentaires (Dudley, 1999).

Dans l'ensemble, le tourteau de soja est une source de protéines au prix compétitif comme elle présente une qualité relativement régulière par rapport à celle d'autres sources de protéine.

Tableau 12. Digestibilité des indices protéiques dans les régimes des volailles

	Lysine(%)	Méthionine(%)	Cystine(%)
Farine de sang	86	91	76
Farine de colza	80	90	75
Farine de copra	58	83	48
Farine de gluten de maïs	88	97	86
Farine de graine de coton	67	73	73
Farine de plumes	66	76	59
Farine de poisson	88	92	73
Farine de viande	79	85	58
Farine d'arachide	83	88	78
Farine de déchets de volaille	83	88	78
<u>Tourteau de soja</u> <u>décortiqué</u>	91	92	82
Farine de sésame	88	94	82
Farine de tournesol décortiqué	84	93	78

(Blum, 1981)

Le tourteau de soja en tant que matière première pour l'alimentation du bétail présente différents niveaux de protéines et en comparaison avec d'autres sources de protéine, ce dernier possède généralement le taux le plus élevées. Ce niveau élevé de protéine influence directement sur l'apport des acides aminés indispensables tels que la lysine qui représente l'acide aminée le plus important dans l'alimentation des volailles. Le tableau 13 représente le niveau élevé de la fraction protéique pour les différents produits du soja et l'apport relativement important de la lysine associée à ces niveaux protéiques.

Tableau 13. Comparaison du tourteau de soja comme source de lysine avec d'autres sources de protéines

Source protéique	Protéines(%)	Lysine(%)
<u>Tourteau de soja</u>	44	2,90
<u>Tourteau de soja</u>	46,5	3,01
<u>Concentré de protéines de soja</u>	66	4,20
<u>Isolat de protéines de soja</u>	92	5,20
Farine de luzerne	17	0,80
Farine de colza	38	2,27
Farine de gluten de maïs	42,1	0,78
Farine de tournesol	45,5	1,68
Farine de graine de coton	41	1,51
Son de blé	15	0,56
Gluten de blé, séché par pulvérisation	74	1,30
Levure de bière, séchée	45	3,23

(Dudley, 1999)

La lysine, comme a été démontrée, est une acide aminée indispensable dans le régime alimentaire des volailles et la l'apport de cette acide aminée est liée étroitement à la fraction protéique dans la matière première, le tourteau de soja comme source de protéine représente un rapport lysine/protéine important par rapport aux autres sources protéique comme l'indique le tableau 14.

Tableau 14. Rapports lysine / protéines pour divers aliments

Aliment	Protéines brutes (%)	Lysine (%)	Lysine/protéines
Maïs	8,3	0,26	3,13
Grains de sorgho	9,2	0,22	2,39
Orge	10,5	0,36	3,42
<u>Tourteau de soja</u>	47,5	3,02	6,36
Farine de poisson	62,9	4,81	7,64
Farine de tournesol	42,2	0,82	1,94
Farine de graine de coton	41,4	1,72	4,15
Farine de sésame	42,6	1,01	2,37
Farine de colza	35,6	2,08	5,84
Farine de viande	54,0	3,07	5,27
Besoins, poulet de chair de 14 jours	23,0	1,10	4,78

(Dudley, 1999)

10.1. Les principaux producteurs des tourteaux de soja

En dépit de leurs prépondérance, les graines et les tourteaux de soja jugés considérés comme des ingrédients des plus homogènes dans la fabrication d'aliments pour animaux, leur qualité est sujette à des altérations au niveau de la qualité, en particulier en ce qui concerne la digestibilité des protéines et des acides aminés. Parmi les facteurs dégradants : la variété, l'origine et les conditions de culture sont importantes (Westgate et al., 2000). Plusieurs comparaisons ont été réalisées dans différents pays et toutes ont mis en évidence des différences significatives dans la composition nutritionnelle et la qualité de la protéine en général (Baize, 1999). Le tableau 15 donne un récapitulatif de ces données ainsi que d'autres données. Ces données récapitulatives montrent des différences substantielles entre les pays lorsque tous les échantillons de tourteau de soja sont rassemblés. Cette différence est probablement attribuable au fait que les données représentent des séries d'échantillons non-équilibrées. La séparation des tourteaux sur la base des spécifications définies permet une approche plus objective. En effet, les teneurs moins élevées en fibre brute et les valeurs plus élevées de protéine brute et d'acides aminés dans les tourteaux américains sont très probablement liées à une forte représentation des tourteaux Hi-Pro dans les échantillons provenant des Etats-Unis.

Tableau 15. Composition d'échantillons de tourteau de soja provenant de trois pays

	Etats-Unis	Brésil	Argentine
Cendre	6,07	5,39	5,34
Protéine brute	48,05	46,41	43,87
Fibre brute	2,90	5,15	5,37
Lipides	1,45	1,63	1,70
Lysine	3,02	2,75	2,73
Méthionine	0,68	0,63	0,63
Cystéine	0,68	0,67	0,65
Thréonine	1,87	1,72	1,73

Tryptophane	0,68	0,61	0,59
Indice d'uréase, variation du pH	0,05	0,04	0,04
Solubilité des protéines (0,2 % KOH)	85,61	83,64	80,28

(Plouzeau, 1990)

Même que la solubilité moyenne des protéines est la plus élevée dans les tourteaux en provenance des Etats-Unis mais le tourteau American présente le taux le plus élevés en lysine, en méthionine et en tryptophane. . Les valeurs présentées au tableau 15 sont les moyennes d'une population sélectionnée.

Une ration convenable dépend de la connaissance approfondie de ses composantes et d'une table de données à partir desquelles, on procède afin que rien ne soit laissé au hasard. De telles implications supposent que les produits à base de graines de soja fournissent des informations détaillées et sûres à propos de leur provenance, de leur traitement, de la durée de leur utilisation... renseignements permettant la formulation des rations. De surcroît il est essentiel de disposer de spécifications nutritionnelles détaillées. Ces spécifications doivent être spécifiques à chaque espèce et doivent fournir des mesures de la biodisponibilité et de la digestibilité. D'après Batal (2000) les valeurs sous forme de tableau sont inadéquates étant donné que les mesures de la biodisponibilité varient avec l'origine, la variété et les conditions de production. Toutefois, pour un produit à base de graines de soja spécifique, une importante variation de la digestibilité peut survenir et surviendra avec le degré et la qualité du traitement.

Des tests ont été mis au point afin d'évaluer la variation de la qualité due au traitement thermique. Ces tests doivent être appliqués afin de garantir une formulation et une production cohérentes des rations à performances élevées.

11. Les additifs alimentaires

11.1. Définition

Les additifs utilisés en alimentation animale, peuvent être définis comme des substances chimiques pures, d'origine naturelle ou synthétique, des préparations enzymatiques ou des microorganismes, qui sont ajoutés aux aliments en faible quantité pour modifier ou améliorer leurs propriétés technologiques, ou augmenter leur efficacité zootechnique. Leur utilisation vise à améliorer, directement ou indirectement, l'efficacité des rations.

Ces additifs alimentaires ont largement contribué à rentabiliser l'élevage intensif et à donner aux consommateurs accès à des produits de volaille sains et nutritifs.

L'utilisation des additifs dans l'Union européenne est soumise à une réglementation européenne commune depuis 1970. Cette législation défend les intérêts du fabricant et de l'éleveur ainsi que ceux du consommateur. Les additifs ne peuvent être autorisés qu'après avoir démontré leur innocuité, leur stabilité et leur efficacité. Chaque autorisation d'additif prévoit des conditions précises d'utilisation et fixe l'espèce cible, l'âge maximal des animaux et les doses d'incorporation à l'aliment (White et McDermott, 2001). Le recourt à l'utilisation des additifs à base des extraits de plantes en nutrition animale a plusieurs raisons parmi eux on cite :

✓ Raison technique

A cause du phénomène de résistance aux antibiotiques, l'utilisation de ces derniers devient classique et leur action vis-à-vis des organismes pathogènes devient de plus en plus inefficace. Le tableau 16 explique la résistance des différents organismes pathogènes aux antibiotiques.

Tableau 16. Les différents organismes pathogènes et leurs degrés de résistance aux antibiotiques

Organisme Pathogènes	Antibiotique	Resistance
Colibacillus	colistine	50%
Lawsonia	tylosine	50%
	tiamuline	12%
	lincomycine	50%
Brachyspira	tylosine	80%

(Denis, 2004)

✓ Raison commerciale

En réponse aux attentes des consommateurs qui demandent de la viande qui ne contient pas de résidus d'origine chimique.

✓ Raison de réglementation

L'interdiction de certaines molécules par les législateurs afin de diversifier leur gamme de solutions thérapeutiques

✓ Raison financière

Pour certains troubles, le pouvoir des extraits de plantes est une solution plus rentable que la synthétique alternative. Cette image est capturée en utilisant le microscope électronique montrant l'action d'une plante active sur une bactérie.

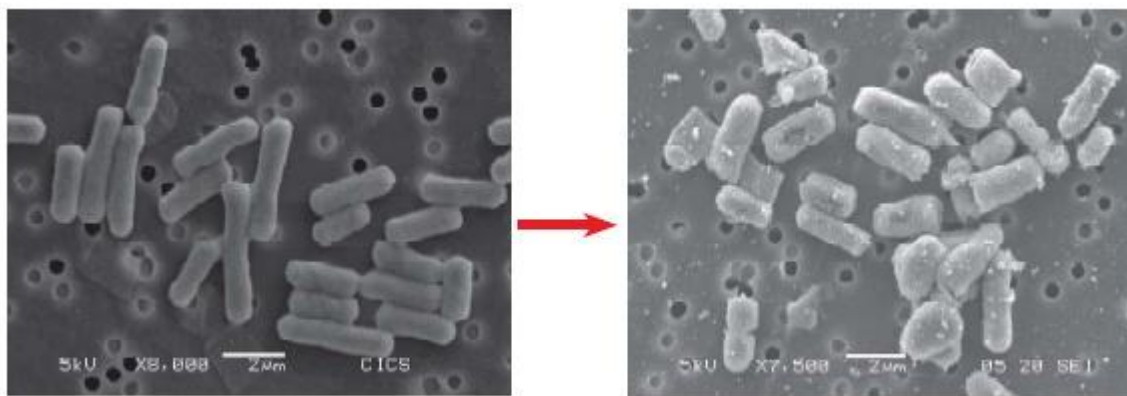


Figure 6. Action d'une plante active sur une bactérie (phytosynthèse, 2004)

11.2. Classification

Parmi l'ensemble des additifs au sens large, on peut distinguer trois catégories :

- ✓ Ceux qui contribuent à adapter au mieux la composition des rations aux besoins nutritionnels des animaux. Cette supplémentation nutritionnelle concerne notamment les acides aminés et composés azotés non protéiques, les minéraux et les vitamines (additifs nutritionnels).
- ✓ Ceux qui ont une influence sur les animaux en assurant un rôle prophylactique ou en activant leur croissance; ou sur les produit animaux (additifs zootechniques et de protection).
- ✓ Ceux qui améliorent la qualité des aliments en facilitant leur fabrication, leur conservation et leur présentation, ou qui vont réduire les nuisances provoquées par les

déjections animales, en les modifiant quantitativement, ou qualitativement, en augmentant la digestibilité de certains constituants (additifs technologiques) (Gadoud et al, 1992).

11.3. Les huiles essentielles et les actifs végétaux

De nombreux produits d'origine végétale sont déjà utilisés dans l'alimentation aviaire. Il s'agit principalement de plantes ou d'extraits de plantes, d'épices et d'huiles essentielles dont les principes actifs sont bénéfiques, mais aussi de produits analogues de synthèse. Le nombre d'études touchant à ces produits est encore très faible et les résultats obtenus, fort variables. Parmi les résultats retenus dans chaque catégorie de ces produits, environ la moitié montre un classement positif, mais peu se révèlent significatifs sur le plan statistique à l'exception des huiles essentielles. Il apparaît donc difficile de donner une appréciation sur l'efficacité de l'une de ces catégories de produits.

Il s'agit de développer, à partir des plantes, des stimulateurs de croissance aussi efficaces que les antibiotiques utilisés jusqu'ici en alimentation animale et qui, en même temps, soient plus tolérables par l'homme et inoffensives pour l'environnement.

Enfin, les huiles essentielles et les extraits de plantes contribuent essentiellement à :

- ✓ La suppression et l'élimination des entéro-pathogènes
- ✓ L'inhibition de l'activité pathogène des bactéries indésirables
- ✓ La stimulation des mécanismes de défense non spécifiques et immunitaire

Des herbes aromatiques et médicinales classiques, telles que l'ail, la moutarde, l'origan, le thym, par exemple, sont des épices et extraits de plantes reconnus pour leurs activités bactéricides. Ils contribuent à améliorer l'appétence des ingrédients (Revington, 2002).

Ils jouent un rôle dans le contrôle des maladies intestinales et ont déjà démontré leur efficacité en médecine animale mais les fabricants de ces produits gardent le silence sur les espèces sélectionnées. La demande ne se limite pas à trouver des solutions pour les bovins, elle concerne aussi les stimulateurs de performances en production porcine, en élevage de poules pondeuses et de poulets, en pisciculture.

Les huiles essentielles sont un mélange de composés parfumés et volatils (Oyen et Dung, 1999). Le terme "essentiel" a été pris de la théorie de "quinta essentia" proposée par Paracelsus qui crut que ce "quintessence" était l'efficace élément dans une préparation

médicale. Puisque le terme, huile essentielle est un concept mal défini par la pharmacie médiévale, le terme de "l'huile volatile" a été proposé (Herzig, 2003).

Selon Zhang et (2004) les huiles essentielles sont des huiles volatiles, produits naturels extraits par distillation de vapeur et/ou d'eau ou activité enzymatique suivie de distillation par la vapeur. Quelques huiles essentielles sont produites synthétiquement. Il y a actuellement environ 2600 huiles essentielles connues. La plupart des huiles essentielles se composent de mélanges d'hydrocarbures, composés oxygénés tels que l'alcool, esters, aldéhydes, et cétones, et un faible pourcentage de résidus non-volatiles comme le paraffine et les cires.

12. L'AENTM :

Les performances des animaux d'élevage sont étroitement liées au niveau de résistance de leur flore digestive contre la colonisation ou l'infection des micro-organismes potentiellement pathogènes. Ainsi en production aviaire, les additifs antibiotiques ont largement contribué à améliorer la productivité. Cependant, face aux inquiétudes croissantes par rapport aux risques d'apparition de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques, la Commission Européenne, décidait en 1999 de bannir quatre antibiotiques d'utilisation courante en alimentation animale (virginiamycine, spiramycine, tylosine et bacitracine-zinc). La recherche et la mise au point de méthodes substitutives non thérapeutiques semblent aujourd'hui la seule issue pour maintenir la compétitivité de la filière avicole. Parmi ces méthodes alternatives, l'utilisation d'extraits de plantes naturelles ou identiques au naturel est de plus en plus évaluée (Juin et al., 2002, Lee et al., 2003).

A la veille d'une deuxième vague d'interdiction d'utilisation d'additifs antibiotiques (flavomycine, avilamycine/ monensine, salinomycine) par la Commission Européenne, l'utilisation des extraits de plantes est devenu le meilleur issue afin de maintenir la bonne croissance des poulets de chair.

12.1. Présentation de l'AENTM

AEN (1400) est une association d'extraits de végétaux naturels micro encapsulés riches en terpènes (les terpènes sont largement trouvés dans les huiles essentielles, se sont des hydrocarbures construit d'unités d'isoprène n (C_5H_8)). la Composition de cet additif est présenté dans le tableau 17.

Tableau 17. Fiche de composition de L'AEN

Ingrédient	Pourcentage
Huiles essentielles de canelle	23
Huile essentielle de girofle	1
Remoulage	38
Corn cobbs	38
Total	100

(Phytosynthèse, 2004)

Il agit sur plusieurs points :

- Il maintient l'équilibre de l'ensemble des populations bactériennes de la flore intestinale et spécifiquement les populations gram+.
- Il a un mode d'action spécifique : perturbation des mécanismes énergétiques et destruction de la paroi. Il n'y a pas de création de résistance.
- Il contribue à l'amélioration des performances de croissance et optimise les apports nutritionnels de l'aliment.

Le comportement de différentes espèces pathogènes est illustré dans la figure 7.

Nbre de germes

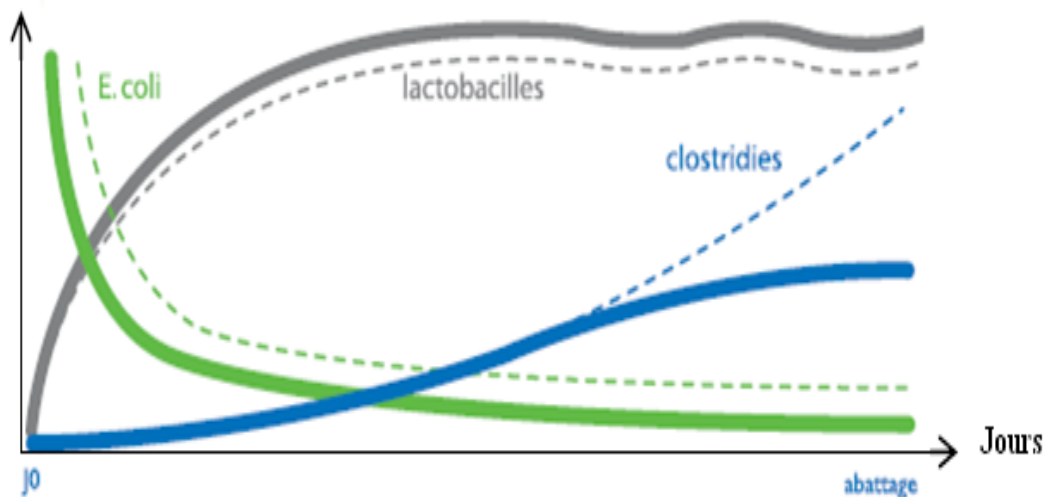


Figure 7. Cinétique des différents germes pathogènes sous l'effet de l'AEN (photosynthèse, 2004)

12.2. Effet de l'AEN sur la flore intestinale du poulet de chair

Selon Juin et Recoquillay (2005), une étude a été réalisée avec des poulets de chair élevés au sol pendant 5 semaines (35 jours). 480 poussins d'un jour, sexés et vaccinés au couvoir contre la bronchite infectieuse, ont été répartis en 12 parquets de 40 poussins (20 mâles et 20 femelles, sexes mélangés). Trois lots expérimentaux ont été constitués : 1 lot témoin négatif (R1) recevant un aliment sans supplémentation, 1 lot supplémenté (R2) avec 10 g/tonne d'avilamycine ; et 1 lot supplémenté (R3) avec 1000 g/tonne de la préparation d'extraits végétaux naturels (AEN 350) composée de 60000 ppm d'un mélange d'huiles essentielles sur support végétal.

D'après Juin et Recoquillay quels que soient le régime alimentaire et l'âge des animaux, aucun effet n'a été identifié sur la flore totale et surtout sur *Lactobacillus spp*, ni la présence de coccidies et de clostridies (*C. perfringens*) dans les contenus digestifs (J0) ou les fientes (J20 et J34). Le dénombrement des bactéries sulfitoréductrices a été significativement diminué pour le traitement avec les extraits végétaux (AEN, R3) par rapport aux régimes témoin négatif (R1) et positif (Avilamycine, R2).

La diminution significative du nombre de bactéries sulfitoréductrices observée dans les fientes des animaux recevant le traitement (AEN) est cohérent avec les activités antibactériennes reconnues des extraits végétaux contenus dans l'AEN. À la vue de ces résultats, il apparaît que les extraits végétaux naturels testés ont un effet spécifique sur la flore intestinale du poulet de chair, n'altérant en aucun cas la flore totale, *Lactobacilles spp* et *Enterococcus spp*. (Hammer et al ,1999).

Tableau 18. Résultats des analyses de flore digestive sous l'effet de l'AEN

Age	Traitement	Flore totale	Coliformes	Lactobacilles	Entérocoques	sulfito-réducteurs
J0		6.64± 1.19	6.15 ± 1.59	6.68 ± 1.12	6.72 ± 1.07	Néant
	R1	8.33 ± 0.72	7.16 ± 1.25	8.47 ± 0.60	8.15 ± 0.58	5.93± 0.31 (a)
J20	R2	8.23 ± 0.68	7.87 ± 0.88	8.33 ± 0.37	7.78 ± 0.68	5.81 ± 0.49(a)
	R3	8.73 ± 0.25	7.58 ± 0.99	8.53 ± 0.28	8.29 ± 0.27	4.82 ± 0.31(b)
	R1	8.00 ± 0.74	7.17 ± 1.20	8.29 ± 0.38	7.58 ± 0.82	5.77 ± 0.59
J34	R2	8.50 ± 1.19	6.87 ± 0.55	8.50 ± 0.81	7.61 ± 0.87	5.88 ± 0.36
	R3	8.44 ± 0.62	7.01 ± 0.65	8.36 ± 0.38	8.05 ± 0.48	6.42 ± 0.35

Exprimés en LOG10 de UFC / g de produit frais

(Recoquillay, 2005)

12.3. Effets de l'incorporation de l'AEN sur la performance des poulets

Selon la même étude de Juin et Recoquillay, Quels que soient la période considérée et le sexe des animaux, une tendance positive de l'avilamycine (R2) et de l'AEN 350 (R3) sur le gain de poids vif et sur l'indice de consommation est observée par rapport témoin négatif.

L'effet est significatif pour l'avilamycine au seuil de 5% sur l'indice de consommation de 0 à 35 jours d'âge et au seuil de 8% sur le gain de poids des femelles entre 21 et 35 jours.

Les résultats du régime AEN (R3) sont toujours intermédiaires, entre les témoins négatif (R1) et positif (R2, avilamycine). Cependant, ils ne sont jamais significativement différents de ceux observés avec le témoin négatif ou avec l'avilamycine. Les résultats des performances sont enregistrés dans le tableau 19.

Tableau 19. Performances zootechniques des poulets de chair sous l'effet de l'AEN

	R1	R2	R3	
	Témoin négatif	R1 + 10 g/tonne Avilamycine	R1 + 1 kg / tonne AEN 350	
Poids J0 (g)	40	40	40	
Démarrage J0/J21				
Poids Vif J21 (g) Mâles	848 ± 81	860 ± 88	869 ± 77	NS
Poids Vif J21 (g) Femelles	784 ± 77	793 ± 99	798 ± 72	NS
Aliment consommé (g/ al)	1013	1016	1012	
Indice de consommation 0/21	1.307 ± 0.030	1.284 ± 0.004	1.278 ± 0.006	NS
Mortalité (%)	2.50	4.38	1.25	
Croissance J21/J35				
Poids Vif J35 (g) Mâles	2093 ± 167	2094 ± 190	2101 ± 158	NS
Gain Poids 21/35 (g) Mâles	1246 ± 108	1236 ± 137	1232 ± 158	NS
Poids Vif J35 (g) Femelles	1793 ± 138	1837 ± 143	1827 ± 136	NS
Gain Poids 21/35 (g) Femelles	1005 ± 99	1037 ± 90	1029 ± 83	P=0.08
Aliment consommé (g/ al)	1904	1906	1897	
Indice de consommation 21/35	1.689 ± 0.018	1.661 ± 0.023	1.681 ± 0.028	NS
Mortalité (%)	0.68	1.97	0.64	
Ensemble J0/J35				
Aliment consommé (g/ al)	2917	2922	2908	
Indice de consommation 0/35	1.532 ± 0.016 (a)	1.505 ± 0.007 (b)	1.514 ± 0.014 (ab)	P=0.05

(Recoquillay, 2005)

1050 poulets standards de souche ROSS 308, ont été élevés au sol en parquets de J0 à J42, 14 répétitions par régime ont enregistrées les résultats suivants

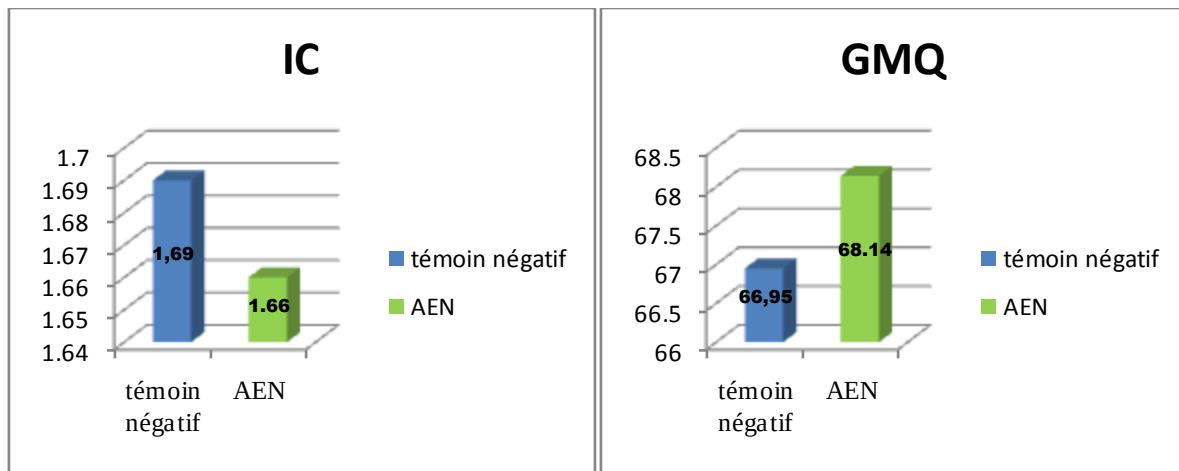


Figure 8. Effet de L'AEN sur le GMQ et l'IC (phytosynthèse, 2004)

Au niveau du GMQ, l'expérience a noté un gain plus important pour le régime contenant l'AEN avec 68,16g/sujet contre 66,95g/sujet au niveau du régime témoin. Ces chiffres ont été confirmés par le calcul de l'indice de conversion qui a enregistré des résultats remarquables par rapport au régime témoin.

L'AEN a un mode d'action spécifique en favorisant la perturbation des mécanismes énergétiques et la destruction des parois des organismes viraux ce qui inhibe la création de résistance, la figure qui suit enregistre une action de l'actif AEN sur un microorganisme

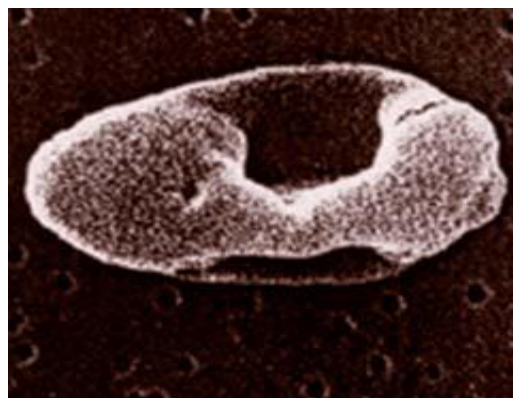


Figure 9. Lésion membranaire visible en microscope électronique (phytosynthèse, 2004)

Plusieurs études ont été élaborées dans plusieurs pays du monde afin de pouvoir dégager l'action de l'AEN dans différentes conditions et sur plusieurs souches de poulets de chair, trois expériences dans le Royaume-Uni, la République tchèque et la France ont dégagé les résultats suivants :

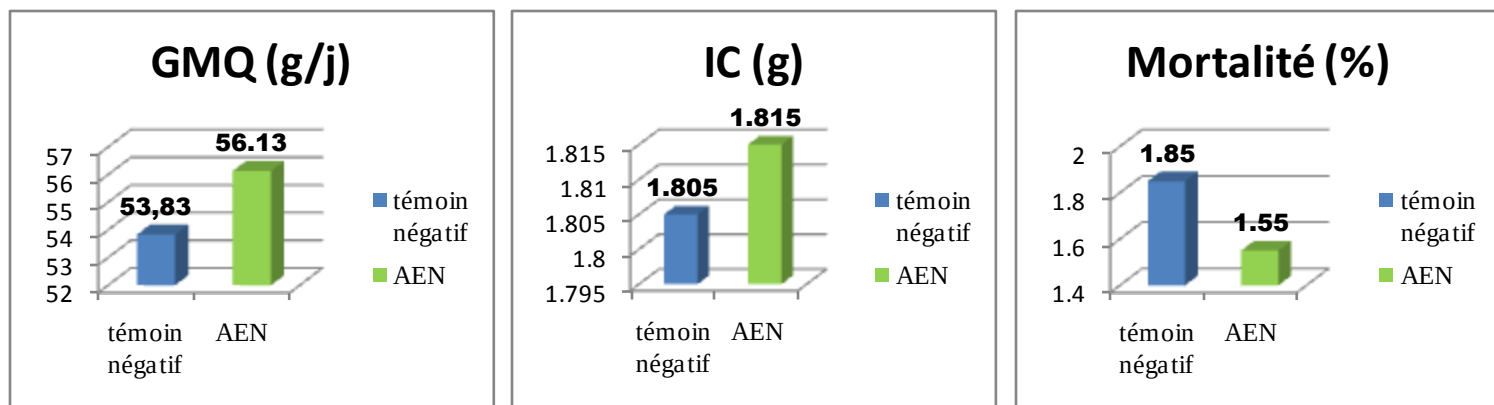


Figure 10. Résultat de l'effet de l'AEN en Royaume-Uni, 2004(souche ROSS)

Le test de l'additif AEN au niveau du Royaume uni sur la souche ROSS en 2004 a révélé une efficacité alimentaire avec 56,13g/sujet pour le régime contenant l'AEN contre 53,83g/sujet pour le régime témoin. Donc cet additif alimentaire a bien justifié son efficacité alimentaire durant ce test.

Deux autres expériences ont été mise en place afin de déterminer l'efficacité de l'AEN, la première à lieu en République tchèque et durant la quelle l'AEN a enregistré une croissance améliorée ceci est expliqué par une amélioration de l'indice qui passe de 1,931 pour le témoin négatif à 1, 861 pour le régime contenant l'AEN.

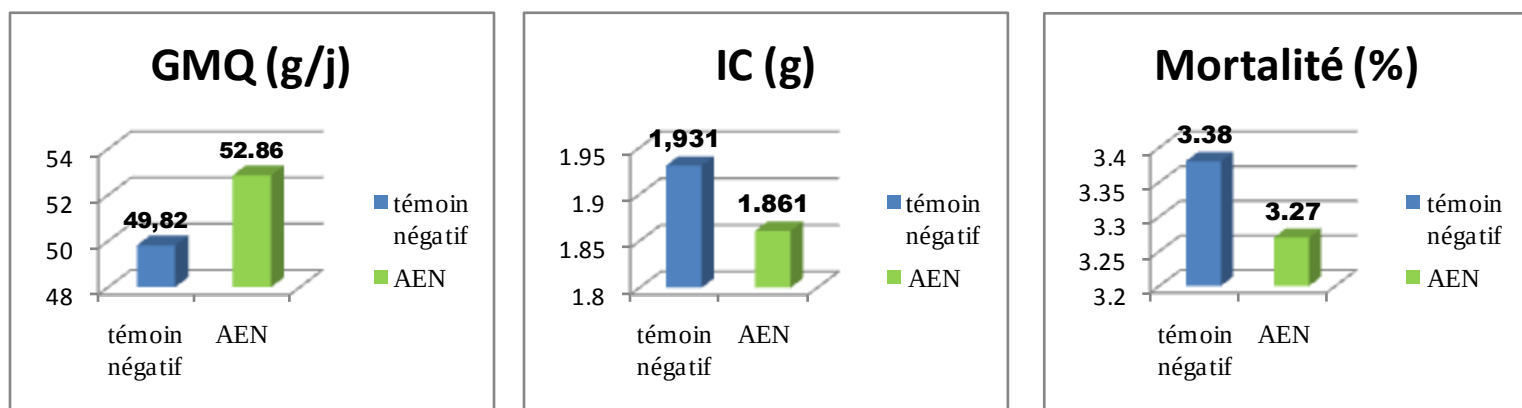


Figure 11. Résultat de l'effet de l'AEN en République tchèque, 2004(souche ROSS)

La deuxième expérience a lieu en France et au cours de laquelle l'effet de l'AEN sur la baisse de la mortalité sur la souche VEDETTE a été nette et clair. Cet additif a diminué le taux de mortalité de 4,67% à 3,13%.

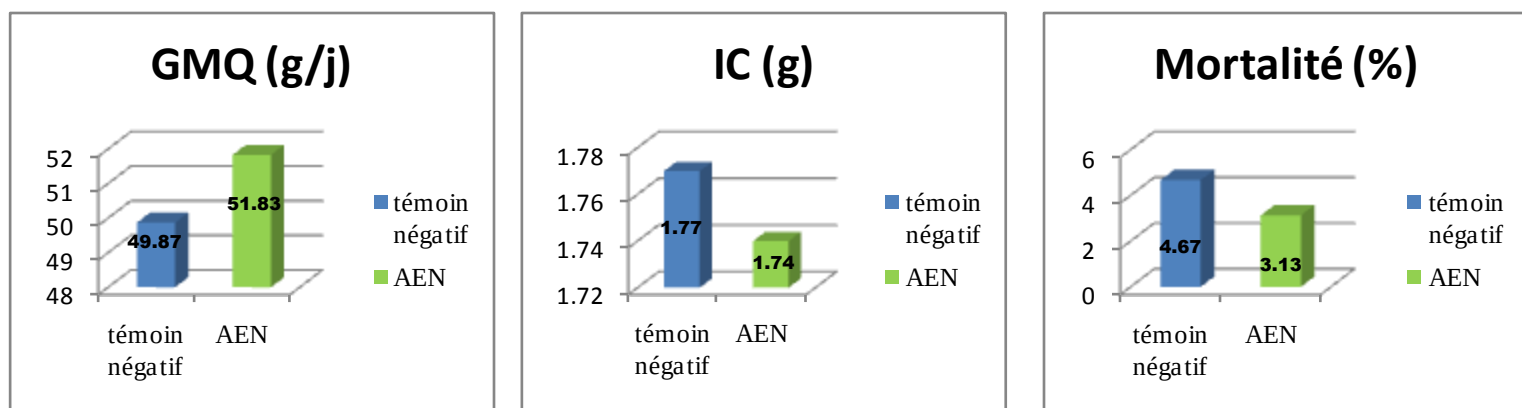


Figure 12. Résultat de l'effet de l'AEN en France, 2003(souche VEDETTE)

12.4. Le mode d'emploi de l'AEN

✓ Période de démarrage

Pour les poulets de chair, l'AEN est utilisée pendant toute la période d'élevage. Du jour 1 à jour 18/21: il Réglemente l'appareil digestif sans perturber l'équilibre naturel de bactéries familles qui doivent être mises en place et qui ne sont pas des agents pathogènes. Il Permet aussi de créer lui-même de la flore en quantité suffisante (nombre de colonies), sans remettre en cause sa diversité (nombre de familles). Enfin il Empêche un développement anarchique des bactéries potentiellement pathogènes qui peuvent s'établir eux-mêmes.

✓ Période d'engraissement

A partir de 18/21 jours à l'abattage:

- ✓ il contrôle les bactéries pathogènes (gram+)
- ✓ il permet de maintenir la croissance
- ✓ Il assure l'efficacité alimentaire
- ✓ la gestion de la mortalité
- ✓ Il assure la rentabilité

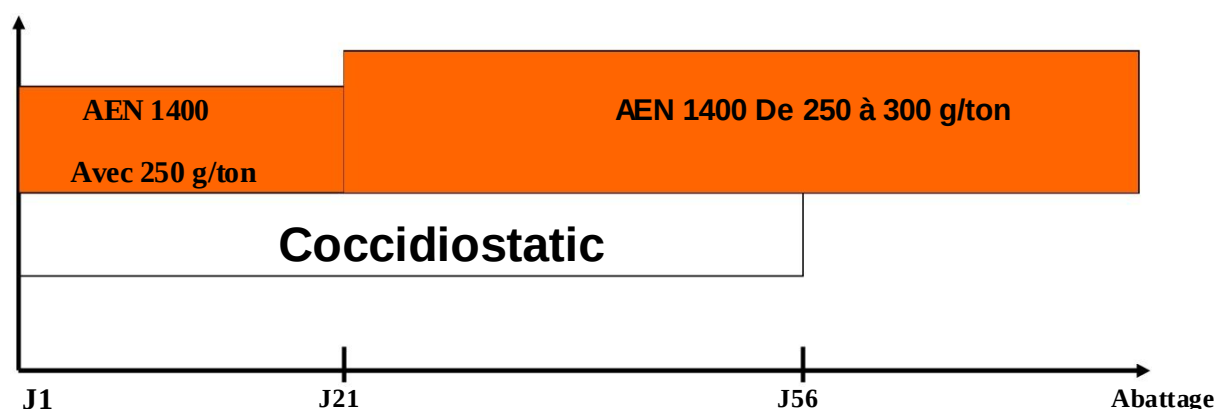


Figure 13. Mode de distribution de l'AEN (Photosynthèse, 2004)

Plusieurs autres expériences ont été faites dans le but de tester le nouveau produit AEN et comparer son effet vis-à-vis des autres additifs alimentaires. L'expérience qui suit a été menée afin d'estimer l'effet de ce nouveau produit contre un probiotique déjà utilisé pour déterminer son effet sur les paramètres productifs des poulets de chair. Le protocole expérimental de cette expérience est détaillé dans le tableau 20 .

Tableau 20. Protocole expérimental du test de l'AEN contre un probiotique

	Gamme de contrôle	Gamme expérimentale
	Probiotique	AEN 1400
Période de démarrage de J1 - J14	Coccidiostatic	Coccidiostatic AEN 1400 avec 150 g/T
période de croissance de J15 – J22	Coccidiostatic	Coccidiostatic AEN 1400 avec 250 g/T
période de finition de J23 – J35	Coccidiostatic	Coccidiostatic AEN 1400 avec 300 g/T
Période de retrait De J36 à l'abattage		AEN 1400 avec 300 g/T
		(Phytosynthèse, 2004)

Tableau 21. Résultats du test de l'AEN contre le Probiotique

	Gamme de contrôle	Gamme expérimentale
	Probiotique	AEN 1400
Poids corporel (g)	1868	1867
Age à l'abattage (J)	41.91	41.46
G.M.Q (g)	44.57	45.03 (+1.0%)
Indice de consommation (IC)	1.862	1.807 (-2.9%)
% de Mortalité	9.67	7.71 (-20.3%)
Index de performance	216.2	230.0 (+6.4%)

Les résultats de cette expérience ont été enregistrés dans le tableau 21. Le gain moyen quotidien a été amélioré de 1% pour les poulets recevant l'AEN aussi l'indice de consommation et le taux de mortalité ont été diminué respectivement par 2,9% et 20,3% .

Partie expérimentale

1. Objectifs

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'effet de trois origines de tourteau de soja (Argentin, Américain, Local) ainsi que l'incorporation de l'huile essentielles AENTM dans l'aliment composé sur les paramètres productifs (GMQ, Consommation moyenne journalière, IC), le rendement à l'abattage et le pourcentage d'escalope des poulets de chair de 1 à 37 jour d'âge.

2. Matériels et méthodes

2.1. Produits à tester

Trois Origines de tourteau de soja ont été choisies pour être testés durant cette expérience :

- ✓ Le tourteau de soja Etats-Unis (Owensboro): un container de (4500 kg) de provenance de l'usine de traitement du soja Owensboro (Kentucky, Etats-Unis) a été reçu spécialement pour être testé dans l'expérience
- ✓ Le tourteau de soja ARG importé et utilisé régulièrement par la Société Chahia.
- ✓ Le Tourteau de Soja Local est d'origine Argentin mais traité dans la nouvelle Usine Carthage grains

Avec le tourteau de Soja, l'huile essentielle AENTM a été introduite afin de tester l'effet de son addition aux différents types de tourteau de soja.

2.2. Animaux expérimentaux

Un total de 1500 poussins d'un jour a été utilisé, provenant du couvoir de la Société Avicole du Nord (SAVINORD, TABARKA) de la souche JV, issu de reproductrices mères âgées de 20 semaines. Dès leur arrivée au bâtiment expérimental un échantillon de 10 % du groupe a été pesé individuellement pour déterminer le poids moyen des poussins. Par la suite chaque 50 poussins ont été pesés et repartis sur des cages expérimentales du bâtiment désigné au hasard pour un des traitements.

2.3. Installations expérimentales

L'essai s'est déroulé dans le bâtiment expérimental de la société Errahma, intégré avec la société Chahia, situé à El Hajeb dans le gouvernorat de Sfax. Les poussins d'un jour ont été placés au niveau d'un bâtiment obscur à ambiance contrôlée automatiquement, dans 30 parquets limités avec du grillage à 1 m de hauteur. Chaque parquet a une dimension de 1.7 m de longueur et 1.5 m de largeur, équipé durant le démarrage avec 4 abreuvoirs en ligne de type **niple** à basse pression et 2 mangeoires de 1er âge et ultérieurement avec 1 mangeoire cylindrique à remplissage manuel. Les conditions ambiantes du bâtiment (Température, chauffage et ventilation...) sont contrôlées selon l'âge du poussin (33°C durant les 3 premiers jours, 32°C de

4 à 7 jours d'âge et par la suite, la température est réduite de 1°C chaque 2 jours jusqu'à atteindre 24°C à 21 jour d'âge et maintenue jusqu'à la fin de l'essai). Durant l'expérience on a maintenu des variations inférieures à 2°C entre minimum et maximum enregistrés par rapport au plan de température prédéfini. Les poussins sont vaccinés contre les maladies aviaires communes (Newcastle, Gumboro, Bronchite infectieuse...) selon le programme vétérinaire de la région et le guide commercial suivi par la société.

3. Protocole expérimental

Le protocole expérimental est composé de 6 traitements distribués factoriellement 3 x 2 avec deux effets principaux:

- ✓ origine du soja (Argentine vs. USA (Owensboro))
- ✓ la Supplémentation avec des huiles essentielles (0 vs. 200 g/Tonne).

Chaque traitement tendra 5 répétitions et l'unité expérimentale sera le parquet constitué de 50 poussins. Le tableau 22 détaille bien les différents traitements expérimentaux.

Tableau 22. Effectif, poids vif au premier âge et nombre de répétition en fonction du régime adopté

Régime	Répétition	Nombre de sujets/Répétition	Nombre de Sujets/traitement	Poids moyen au premier jour(g)
T1	5	50	300	42,02 ± 0.14
T1XP	5	50	300	41,24 ± 0.59
T2	5	50	300	41,68 ± 0.11
T2XP	5	50	300	42,30 ± 0.27
T3	5	50	300	41,9 ± 0.37
T3XP	5	50	300	41,4 ± 0.42

T1 : Aliment a base de soja ARG

T1XP : Aliment a base de soja ARG+ Huiles Essentiels « AEN™ »

T2 : Aliment a base de soja USA

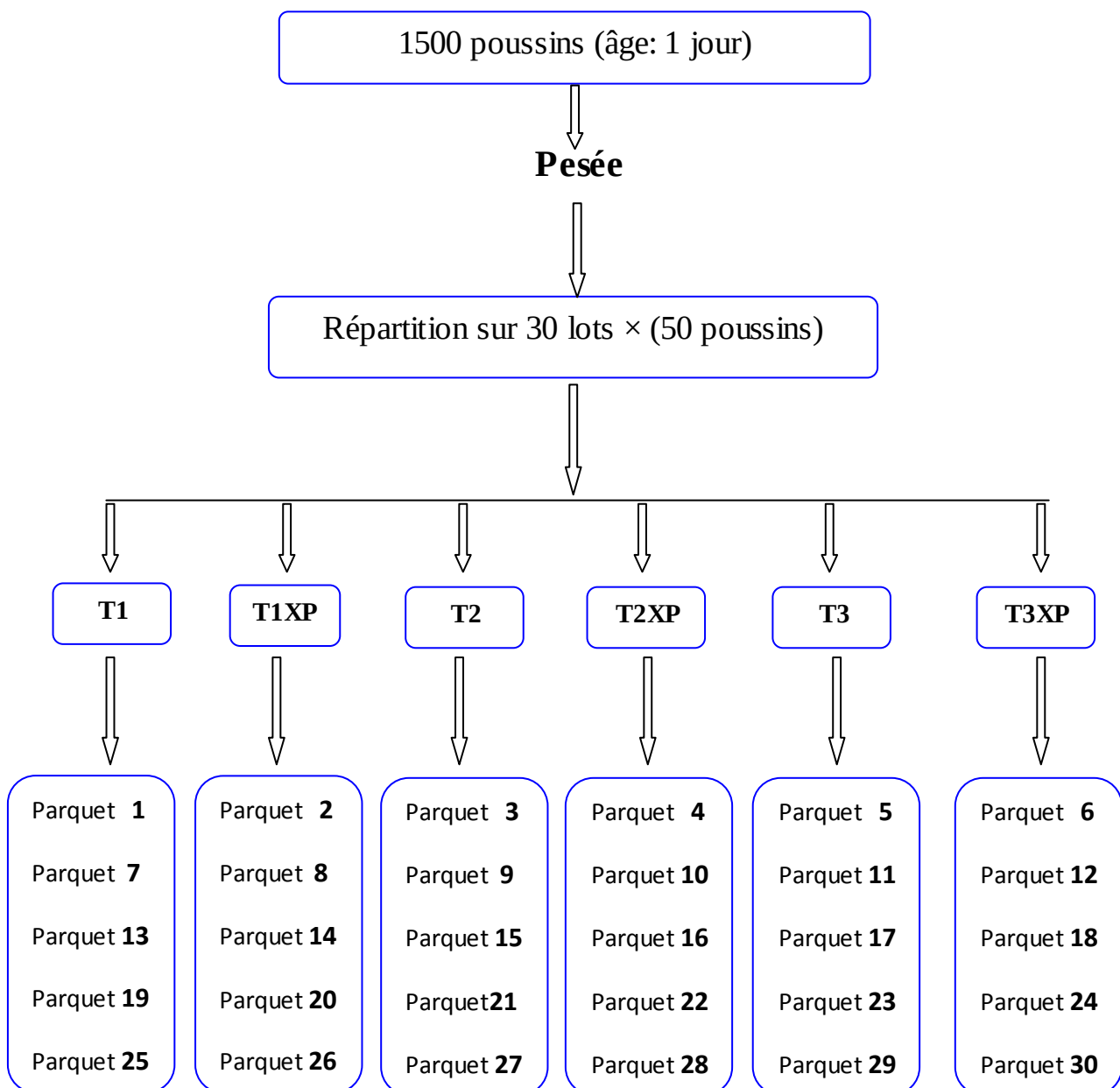
T2XP : Aliment a base de soja USA+ Huiles Essentiels « AEN™ »

T3 : Aliment a base de soja TUN

T3XP : Aliment a base de soja TUN+ Huiles Essentiels « AEN™ »

Les poussins d' 1 jour ont été reçus dans le bâtiment d'élevage, une pesée d'un échantillon représentatif a été effectué en premier temps, ensuite les 1500 sujets ont été répartis sur trente parquets comptant chacun d'eux 50 sujets et la numérotation de chaque lot est faite selon le traitement adopté, la figure 14 détaille bien le schéma expérimental utilisé dans cette expérience.

Figure 14. Protocole expérimental



3.1. Bâtiment

L'expérience a eu lieu dans un centre d'élevage de poulets de chair appartenant à la société d'élevage avicole « ERRAHMA ». Le bâtiment est bien équipé de systèmes de refroidissement, de chauffage automatique, de ventilation dynamique ainsi qu'un circuit d'alimentation et d'abreuvement automatique.

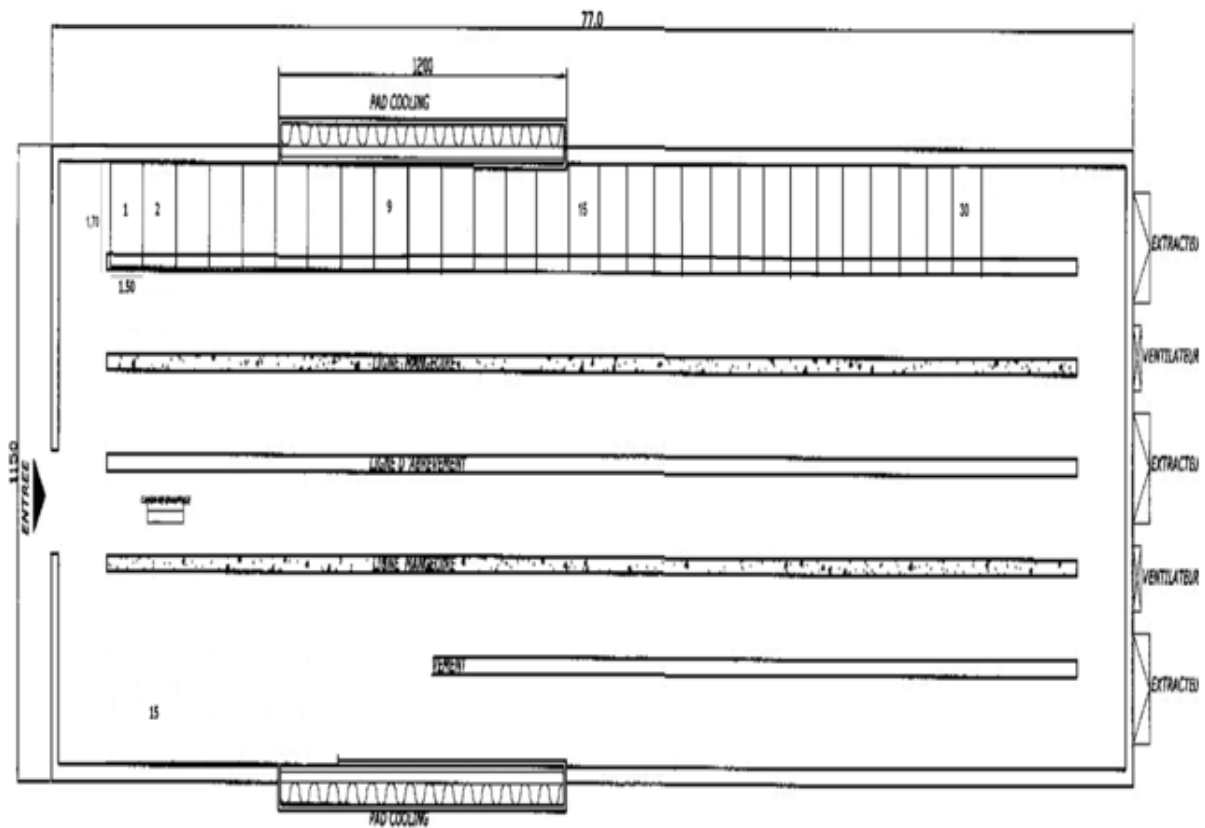


Figure 15. Plan du bâtiment

3.2. Températures et Humidité

Les conditions d'ambiance (humidité et température) sont ajustées selon les besoins des animaux à l'aide d'un logiciel de commande et de capteurs de température et d'humidité placés à différents endroits du bâtiment. Ces conditions sont affichées sur un tableau de commande, et relevées toutes les deux heures. Les températures et humidités inscrites sont indiquées dans le tableau 23.

Tableau 23. Variation de la température et de l'humidité dans le bâtiment en fonction des jours

Jour	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
Température	33.1	32.7	32.5	31.7	31.3	30.5	30	29.6	29.1
Humidité %	52	54	57	57	57	60	60	61	62
Jour	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18
Température	28.7	28.3	27.8	27.1	26.7	26.3	25.8	25.4	25
Humidité %	63	63	64	65	65	65	65	65	65
Jour	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27
Température	24.6	24.1	23.9	23.8	23.6	23.5	23.3	23.2	23
Humidité %	66	68	69	70	71	71	72	73	74
Jour	J28	J29	J30	J31	J32	J33	J34	J35	J36
Température	22.6	22.2	21.7	21.2	20.7	20.2	20	20	20
Humidité %	74	75	75	75	75	75	75	75	75

3.3. Equipements

3.3.1. Les mangeoires

Contrairement aux autres animaux se trouvant dans le bâtiment et à cause des exigences de l'expérience, nous avons utilisé différents types de mangeoires selon la phase de croissance :

- ✓ Des supports en papier disposés sur la litière étaient utilisés comme mangeoires durant les 4 premiers jours d'élevage.
- ✓ Des plateaux en inox de diamètre 30 centimètres sont placés dans le centre des parquets afin de faciliter l'accès des poussins pour l'aliment pendant les premiers jours.
- ✓ Des mangeoires de type circulaire en tôle galvanisée et dépourvues de leurs cylindres étaient utilisées du 5^{ème} au 10^{ème} jours d'élevage.
- ✓ Ces mangeoires ont été complétées par des cylindres afin d'augmenter leurs capacité de remplissage et d'éviter la salissure et la perte des aliments et ceci à partir du 10^{ème} jour d'élevage.

Les mangeoires ont une forme cylindrique en tôle galvanisée et représentent 23 cm de diamètre et peuvent alimenter jusqu'à 50 poulets.

3.3.2. Les Abreuvoirs

Durant toute l'expérience on a utilisé les lignes d'abreuvoirs automatiques munies de pipettes. Pour chaque lot on trouve entre 4 et 5 pipettes ce qui est conforme avec les normes pour un effectif de 50 poulets.

Des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau d'abreuvement et de vaccination sont effectuées périodiquement afin de garantir, le long de la période d'élevage, un meilleur état de santé des animaux. Les résultats de ces analyses prouvent que les eaux sont conformes aux normes.

3.3.3. Les cages expérimentales

Une trentaine de cages ont été installées pour le suivi de l'expérience, les cages représentent les dimensions suivantes :

- ✓ 1,5 m de longueur pour chaque parquet
- ✓ 1,7 m de largeur
- ✓ 1m de hauteur au début ensuite le grillage a été rallongé par 50 cm afin de limiter la fuite des poulets

3.3.4. L'éclairage

L'éclairage du bâtiment se fait à l'aide de lampes fluorescentes tubulaires permettant une économie d'énergie et un meilleur éclairage du bâtiment. Le programme lumineux est donné dans le tableau 24.

Tableau 24. Programme lumineux et intensités lors des différentes phases de l'élevage

Période	J1 – J7	J8 – J21	J22 – J37
Période lumineuse	24h	21h	24h
Période obscure	0h	3h	0h
Intensité lumineuse	70 Lux	60 Lux	60 Lux

3.3.5. Le chauffage

Les poulets ont besoin d'une température assez élevée mais décroissante au fur et à mesure de la poussée des plumes. Durant toute la période d'élevage, on a utilisé deux chauffages (appelés Canon Souffleur) qui fonctionnent au gaz et qui sont capables de chauffer la totalité du bâtiment.

3.3.6. Le refroidissement

Le refroidissement du bâtiment est assuré par le système de Pad Cooling, ainsi que de petites fenêtres qui sont ouvertes manuellement suivant l'état du bâtiment.

3.3.7. La litière

L'élevage est mené au sol sur litière en copaux de bois épandue sur une épaisseur de 15 cm, elle permet de limiter les déperditions de chaleur des animaux et l'absorption de l'humidité des déjections. Cette litière a été répartie de façon homogène sur toute la zone de vie des poulets.

3.3.8. La vaccination

Il est impossible de proposer un programme valable dans toutes les régions du monde, c'est pourquoi le tableau suivant indique le programme vaccinal suivi pour la région de Sfax.

Tableau 25. Programme de vaccination

Age (jours)	Type de vaccin	Utilisation	Méthode de vaccination
1	Marek (vivant/congelé)	Maladie de Marek	Injection sous-cutanée ou intramusculaire (au couvoir)
1	H120 ou Hitchner B1 vivant	Bronchite Infectieuse et Newcastle	Nébulisation
7	Gumboro (vivant) souche moyenne	Maladie de Gumboro	Eau de boisson
14-15	Gumboro souche faible ou moyenne (vivant)	Maladie de Gumboro	Eau de boisson
19-20	Newcastle de type Lasota ou clone (vivant)	Maladie de Newcastle	Eau de boisson
26	H120 (vivant)	Bronchite Infectieuse	Eau de boisson

4. Aliments composés expérimentaux

Durant l'essai, les poussins recevraient *ad libitum* l'eau d'abreuvement ainsi que le concentré comme leurs aliments composés respectifs. Le programme alimentaire suivi est identique comme celui utilisé industriellement dans les élevages commerciaux de la société Medimix et il représente les caractéristiques suivantes.

Tableau 26. Caractéristiques de l'aliment des poulets de chair

Nom commercial de l'aliment	Période d'élevage	Forme de l'aliment
PCM1 : poulet de chair démarrage	De 01 à 15 jour d'âge	Miette fine
PCM2 : poulet de chair croissance	De 16 à 22 jours d'âge	Miette grossière
PCG2 : poulet de chair finition	De 23 à 37 jours d'âge	Granulé 3.5 mm

Trois aliments composés expérimentaux iso-énergétiques et iso-protéiques pour les différents âges ont été formulés en se basant sur les valeurs nutritionnelles des tables et en utilisant le logiciel de formulation multi linéaire à moindre coût. Les aliments composés ont été fabriqués dans l'usine Medimix, ils se composent principalement de maïs, huile de soja, et de tourteau de soja d'origine Argentin habituellement utilisé par la société Medimix, et le tourteau de soja d'origine USA (Owensboro) à tester. Le taux d'inclusion de ce dernier sera calculé afin de maintenir un % de lysine digestible constant. La forme de présentation des aliments a été indiquée dans le programme d'alimentation du poulet de chair de la société. La composition et les valeurs nutritionnelles des aliments formulés sont représentées dans les tableaux suivants.

5. Composition des différents aliments expérimentaux :

La composition centismale des différents aliments expérimentaux selon la période d'élevage est détaillé dans le tableau 27.

Tableau 27. Composition des différents aliments expérimentaux

Période d'élevage	1- 15 jours			16-22 jours			23-37 jours		
Nom commerciale de l'aliment	PCM1			PCM2			PCG2		
Origine de Soja	ARG	USA	TUN	ARG	USA	TUN	ARG	USA	TUN
Composition de l'aliment									
Maïs	62,90	64,00	62,90	64,40	65,50	64,40	65,40	66,50	65,40
T. Soja	33,00	32,00	33,00	31,50	30,50	31,50	30,50	29,50	30,50
Huile de soja	0,10	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10
phosphate bi calcique	1,80	1,80	1,80	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Carbonate de calcium	1,28	1,28	1,28	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84
Bicarbonate de Na	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Sel	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Méthionine de synthèse	0,18	0,18	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Lysine	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
CH Choline	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Premix Oligoéléments	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix vitamines	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Anti coccidien 1 ^{er} âge	0,05	0,05	0,05						
Anti coccidien 2 ^{ème} âge				0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
AEN (en surplus) DOSE RECOMMANDEE	150 g /tonne			250 g / tonne			300 / tonne		

Le tableau 27 nous informe sur les résultats des analyses proposé par le logiciel de formulation, le taux d'inclusion des différents types de tourteau de soja diffère d'un traitement à l'autre. Le tourteau de soja Américain représente un taux d'inclusion plus bas que les deux autres types de soja. L'addition de l'huile de soja a été proposée pour les deux types de soja Local et Argentin afin de corriger le déficit énergétique de ces deux aliments.

6. Analyse physico chimique des tourteaux de soja et des aliments composés expérimentaux

Un échantillon représentatif a été collecté à partir des 3 lots de soja à tester, également des échantillons de chaque aliment composé fabriqué pour chacun des 6 traitements ont été collectés. La moitié de chaque échantillon a été analysé dans le laboratoire de la société Nutri Sud aussi l'autre moitié a été envoyé au Département de Production Animale de Madrid pour procéder a leurs analyse selon les méthodologies proposé par l'AOAC (2000).

7. Les paramétrés étudiées

7.1. Etude des paramétrés zootechniques

7.1.1. Contrôle de poids

Tous les 7 jours, on a procédé à une pesée totale ou individuelle de tous les sujets que renferme chaque lot. Il y a lieu de préciser qu'au delà de ce programme, une pesée s'impose le jour où un changement d'aliment intervient.

Tableau 28. Programme des pesées

N° de pesée	Age (jours)
1	1*
2	7
3	15**
4	22***
5	28
6	34
7	37

* distribution de l'aliment PCM1

** distribution de l'aliment PCM2

*** distribution de l'aliment PCG2

l'objectif est de déterminer :

P : le poids moyen /individu/lot

GMQ : le gain moyen quotidien/période

le gain moyen quotidien/traitement

le gain moyen quotidien par Soja et par Huiles Essentielles(AEN)

$$\text{poids moyen/individu/lot} = \frac{\text{somme des poids de tous les sujets du lot}}{\text{Nombre des sujets que referme le lot}}$$

La différence de poids entre deux pesées successives permet de déterminer les GMQ

$$\text{GMQ} = (P_j - P_i)/N (i-j)$$

P_i : pesée du jour i

P_j : pesée du jour j

N(i-j) : nombre de jours entre les deux pesées

7.1.2. Contrôle de la consommation

Tout au long de l'expérience, on a pesé la quantité d'aliment distribuée à chaque lot grâce à une balance numérique de 50 kg de portée et un degré d'erreur de ± 5 g . Les quantités d'aliments dans les mangeoires sont également contrôlées et enlevées avant chaque pesée . L'aliment enlevé avant la pesée est enregistré en tant que refus et un nouveau aliment est distribué afin de stimuler les poulets à consommer le nouveau aliment.

Cette procédure est généralisée pour tous les lots en respectant le régime de chaque parquet dans l'expérience et elle nous a permis de déterminer :

CMJ: la consommation moyenne journalière par lot

CMJ' : la consommation moyenne journalière par période

la consommation moyenne journalière par traitement

IC : l'indice de consommation/lot/période

L'indice de consommation par traitement et par type de Soja

$$CMJ = Qi(Ji, J_{i+n}) = (Qd - Qr) / \text{nombre de poulets présents par lot}^*$$

$Qi(Ji, J_{i+n})$: quantité d'aliment ingérée du jour (Ji) jusqu'au jour(J_{i+n})

Qd : quantité d'aliment distribué

Qr : quantité d'aliment refusé

*Nombre de poulets présents : la correction se fait par le nombre de jours

7.1.3. L'indice de consommation

En se basant sur les Consommations Moyennes Journalières(CMJ) et les Gains Moyens Quotidiens(GMQ), on peut calculer les indices de consommations

$$IC = IC (Ji , J_{i+n}) = Qi(Ji, J_{i+n}) / GMQ$$

7.1.4. Contrôle des mortalités

Le suivi des mortalités se fait quotidiennement afin de déterminer le taux de mortalité total(TM) pour chaque régime.

7.1.5. Calcul des rendements à l'abattoir

Après l'enlèvement au niveau de la ferme, les poulets ont été pesés par 10 ensuite remplis dans des cages spéciales pour être ensuite acheminées vers l'abattoir. Les cages ont été numérotées et marquées des la ferme ce qui a facilité leur déchargement sur le quai au niveau de l'abattoir.

Les cages renfermant les poulets ont été entreposées sur le quai de la société CHAHIA pendant deux heurs afin de les déstresser suite a leur transport, ensuite les poulets ont été raccrochées régulièrement traitement par traitement sur la chaine d'abattage en laissant un espace entre les différents traitements pour ne pas avoir des problèmes au niveau du calcul. L'abattage des poulets a été fait suivant le Protocol suivi par la société. Après l'opération d'abattage, Les poulets raccrochés sur la chaîne ont suivi l'opération d'égouttage, l'échaudage et la plumaison pour passer ensuite vers l'éviscération au cours de la quelle les abats (Gésier

et foie) ont été récupérés pour calculer leur rendements. Les carcasses vides ont été récupérées de la chaîne d'abattage pour être pesées traitement par traitement. Les carcasses récupérées ont été déposées dans des caisses et marqué chaque lot par le numéro de son traitement pour passer vers la chambre froide afin de subir le ressuyage.

Après le ressuyage, les carcasses de chaque traitement ont été classifiées selon le calibre et le poids en trois catégories :

- ✓ Grand : le poids de la carcasse ≥ 1200 g
- ✓ Calibre : $1000\text{g} \leq \text{poids de la carcasse} \leq 1200$ g
- ✓ Poussin : poids de la carcasse ≤ 1000 g

7.2. Analyses statistiques

Les données recueillies dans cette expérience ont été analysées avec la procédure GLM du SAS (1990) en utilisant un schéma factorielle 3 x 2 complètement au hasard :

- ✓ Trois origines de soja (USA, ARG, TUN) comme premier effet principal
- ✓ L'addition de l'huile essentielle AENTM comme deuxième effet principal
- ✓ L'interaction entre les deux effets

Le modèle statistique adopté dans cette expérience suit le modèle suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + X_i + Y_j + Z_{ij} + e_{ijk}$$

- Y_{ijk} : paramètre mesuré
- μ : moyenne générale
- X_i : effet de l'origine du T.de soja
- Y_j : effet de l'incorporation de l'AEN
- Z_{ij} : effet de l'interaction origine du soja*ajout des huiles essentielles
- e_{ijk} : erreur standard

Le tableau dégagé de cette analyse comporte les moyennes de chaque effet principal avec l'interaction entre eux, ensuite ces moyennes ont été séparées par le test de Tuckey pour dégager la signification des différences.

L'unité expérimentale durant la première partie du travail était le parquet qui contenait 50 sujets. Les différences sont considérées significatives si $P \leq 0.05$.

Dans la deuxième partie du travail, le poids à l'abattage a été traité comme étant une Co variable, l'unité expérimentale dans cette phase était le parquet qui comptait 50 poulets ensuite 5 sujets ont été pris au hasard de chaque type de traitement du calibre **Grand** afin de calculer le rendement des différents parties de la carcasse.

Résultats et discussion

7.3. Composition des matières premières

7.3.1. Composition du maïs

l'analyse du maïs a lieu dans le laboratoire de la société Nutri sud. Cette analyse s'est effectuée par l'application NIR(Near Infrared Reflectance) et les résultats de cette analyse sont détaillés dans le tableau 29.

Tableau 29. La composition du maïs

Spécifications	Contenu en (%)
Humidité	13,24
Protéines	7,97
Matières grasses	3,24
Phosphore Total	0,37
Cendres totales	2,08
Fibres	2,09

D'après les résultats obtenus, on constate que le pourcentage d'humidité est légèrement élevé pour le maïs, aussi bien pour le pourcentage des cendres totales et des fibres qui représentent aussi un pourcentage légèrement élevé par rapport aux valeurs des tables alimentaires pour cette matière première.

7.3.2. Composition du tourteau de soja

L'analyse des différents tourteaux de soja ont eu lieu dans la société Nutri sud et les résultats sont détaillés dans le tableau 30.

Tableau 30. Composition des différents tourteaux de Soja

Origine du soja	soja ARG	Soja USA	Soja TUN
MS %	90,6	88	90,6
Humidité	-	7,09	-
PB%	46,66	48,98	47,38
Matières grasses%	2,2	1,68	0,96
Fibres %	7,64	7,42	7,57
Solubilité dans le KOH	73,4	86,80	79,4
Activité uréasique	0,07	0,01	0,07

L'analyse des tourteaux de soja peut déterminer plusieurs points de différence entre les différentes origines. Le pourcentage de la matière sèche est légèrement inférieur dans le soja Américain par rapport aux deux autres types de soja. L'analyse aussi révèle que le pourcentage des protéines brutes chez le tourteau de soja USA est supérieur à celle de l'Argentine avec 48,98% contre 47%. Cette différence au niveau du pourcentage des protéines brutes va influencer ultérieurement sur les résultats des paramètres productifs.

Les résultats des analyses ont aussi révélés une différence au niveau du taux des fibres qui sont présents avec des quantités plus élevées dans le tourteau de Soja d'origine Argentin. Le Test de cuisson des différents tourteaux de soja ont confirmés la bonne qualité du tourteau de soja Américain contre une moyenne pour les deux autres types de soja.

L'analyse physico-chimique et le test de la qualité des différents tourteaux de soja a été compléter par une analyse des différents acides aminées de chaque type. Cette analyse est effectuée dans le laboratoire de Nutri sud en utilisant la procédure NIR. Le profil des différents tourteaux de soja est inscrit dans le tableau 31.

Tableau 31. Analyse des acides aminés des différents types de Soja

Acide Aminée	Soja TUN	Soja ARG	Soja USA
	Contenu en (%)	Contenu en (%)	Contenu en (%)
Méthionine	0,66	0,64	0,71
cystine	0,71	0,69	0,68
Méthionine+cystine	1,37	1,32	1,39
Lysine	2,93	2,86	3,15
Thréonine	1,90	1,85	1,81
Tryptophane	0,66	0,64	0,68
Arginine	3,46	3,39	3,57
Isoleucine	2,17	2,12	2,29
Leucine	3,64	3,54	3,75
Valine	2,29	2,24	2,46
Histidine	1,28	1,27	1,75
Phénylalanine	2,42	2,35	2,56

les résultats obtenus lors de l'analyse des acides aminées confirme les résultats obtenues dans l'analyse de la composition et du qualité des différents tourteaux. Le profil des acides aminées du tourteau de soja Américain confirme la bonne qualité de cette dernière. Le pourcentage de lysine ainsi que les acides aminées soufrées(Méthionine+cystine) est supérieur à celle d'origine Argentin. Pour les autres acides aminées on constate que les trois types de tourteau de soja représentent les mêmes proportions avec toujours une légère supériorité numérique dans le tourteau de soja Américain.

7.3.3. Analyses des aliments expérimentaux

Après avoir analyser les différents matières premières, on a recourt a l'analyse des produits finis après leur formulation, plusieurs échantillon ont été pris durant le process de fabrication afin d'être analysé. Chaque type d'aliment a été analysé par la méthode NIR et les différentes propriétés de chaque aliments sont enregistrées dans les tableaux qui suit, l'analyse de l'aliment PCM1 sont enregistrés dans le tableau 32 :

Tableau 32. Analyse physico-chimiques de l'aliment PCM1

PCM1	Humidité relative	Protéine Brute	Matières Grasse	Phosphore	cendres	Fibres
T1	12,42	19,90	2,73	0,63	8,56	1,52
T1XP	12,10	21,01	2,84	0,64	7,34	1,94
Moyenne T1	12,26	20,46	2,79	0,64	7,95	1,73
T2	12,13	20,08	2,76	0,65	8,24	1,75
T2XP	12,76	21,47	2,65	0,66	6,97	1,83
Moyenne T2	12,45	20,78	2,71	0,66	7,61	1,79
T3	12,34	20,86	2,67	0,66	7,71	1,72
T3XP	12,46	20,37	2,64	0,64	8,26	1,72
Moyenne T3	12,40	20,62	2,66	0,65	7,99	1,72

l'analyse de l'aliment PCM1 a reflété les résultats obtenu pour les matières premières, le tableau ci-dessus montre la différence déjà démontré au niveau du pourcentage protéique au niveau de l'aliment a base de tourteau de soja Américain avec une valeur de 20,78% contre 20,62% pour l'aliment a base de soja Local et 20,46% pour l'aliment a base de soja Argentin, l'analyse des matières premières ont démontrés aussi que le pourcentage des cendres est plus élevées chez les aliments a base de soja Local et Argentin contre celui du régime Américain. Les analyses du deuxième aliment PCM2 sont enregistrées dans le tableau 33.

Tableau 33. Analyse physico-chimiques de l'aliment PCM2

PCM2	Humidité relative	Protéine Brute	Matières Grasse	Phosphore	cendres	Fibres
T1	12,79	20,41	3,10	0,63	6,97	1,69
T1XP	13,21	20,71	2,98	0,65	6,72	1,66
Moyenne T1	13,00	19,33	3,04	0,64	6,85	1,68
T2	13,01	19,14	2,88	0,62	7,88	1,41
T2XP	13,43	19,51	2,84	0,64	7,36	1,01
Moyenne T2	13,22	20,56	2,86	0,63	7,62	1,21
T3	13,59	20,19	3,11	0,65	7,55	1,02
T3XP	12,97	19,15	3,40	0,64	8,83	0,97
Moyenne T3	13,28	19,67	3,26	0,65	8,19	1,00

l'analyse de l'aliment PCM2 a révélé les mêmes constatations pour les différents composantes analysé. L'aliment a base de tourteau de soja Américain a enregistré un niveau élevée pour la fraction proteique avec 20,56% contre des valeurs plus faibles pour les deux aliments fabriqués a base de soja Argentin et local. Le pourcentage des fibres au niveau de l'aliment a montré que l'utilisation du tourteau de soja Américain a largement contribué à la baisse du pourcentage de fibres au niveau de l'aliment. Le pourcentage de la matière grasse au niveau des aliments ont aussi confirmé la bonne qualité du turteau de soja Américain avec un pourcentage de 2,86% contre 3% pour les deux autres traitement.

Les résultats des analyses de l'aliment de finition(PCG2) est montré par le tableau 34.

Tableau 34. Analyse physico-chimiques de l'aliment PCG2

PCG2	Humidité relative	Protéine Brute	Matières Grasse	Phosphore	cendres	Fibres
T1	13,47	18,92	3,04	0,59	7,25	1,61
T1XP	13,07	19,27	2,89	0,59	8,01	1,28
Moyenne T1	13,27	19,10	2,97	0,59	7,63	1,45
T2	13,31	19,49	2,72	0,60	7,68	1,78
T2XP	12,98	18,69	2,75	0,60	6,97	1,77
Moyenne T2	13,15	19,61	2,74	0,60	7,33	1,78
T3	13,37	19,54	2,84	0,62	7,30	1,47
T3XP	13,65	19,68	3,05	0,62	8,01	1,30
Moyenne T3	13,51	19,09	2,95	0,62	7,66	1,39

Les résultats d'analyse de cet aliment a prouvé la bonne qualité du tourteau de soja Américain de point de vue fraction protéique, cendres et matière grasse contre les deux autres types de tourteau de soja.

7.3.4. Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

la fabrication des aliments nécessite des contraintes qu'il faut mettre en valeur avant d'entammer chaque opération de formulation. Les caractéristiques nutritionnelles pour les trois types d'aliments sont illustrés dans le tableau 35.

Tableau 35. Caractéristiques nutritionnelles des différents aliments

COMPOSITION	EM (Kcal/kg)	PB(%)	% Lys di	% Met di	% (Met +Cys) di
Aliment P. C. Démarrage	2870	20.5	1.1	0.5	0.85
Aliment P. C. Croissance 1	2900	20	1.1	0.5	0.85
Aliment P. C. Croissance 2	2950	19.5	1	0.45	0.8

La formulation des trois aliments de poulet de chair passe par la fixation de l'énergie métabolisable de chaque aliment qui tend à augmenter au fur et à mesure avec l'âge des poulets. La fixation de la fraction protéique au niveau de chaque aliment est indispensable ainsi les fractions des acides aminés surtout indispensable tel que la Lysine et les acides aminés soufrés tel que la Méthionine et la cystine ont une grande importance dans la fabrication des aliments.

8. Résultats des Paramètres Zootechniques

Les résultats des paramètres productifs pour chaque traitement et pour chaque période d'élevage sont illustrés dans le tableau 36.

Tableau 36. Influence de l'origine du soja et l'incorporation de l'huile essentielle AEN dans l'aliment sur les performances productives du poulet de chair de 1 a 37 j d'âge.

Période		De 1 à 15 j				De 16 à 22 j				De 23 à 37 j				Global de 1 à 37 j		
		PV ¹	GMQ ²	CMJ ³	IC ⁴	PV	GMQ	CMJ	IC	PV	GMQ	CMJ	IC	GMQ	CMJ	IC
Traitement																
Origine soja	Huile esse															
ARG	Sans	449 ^a	28.4 ^a	38.2	1.34 ^b	835 ^a	55.1	90.1	1.64	1941	72.6	141.2	1.95	51.5	90.1	1.71
ARG	Avec	453 ^a	28.8 ^a	38.4	1.34 ^b	844 ^a	55.9	90.8	1.62	2018	76.9	146.9	1.91	53.6	92.7	1.70
USA	Sans	453 ^a	28.7 ^a	37.9	1.32 ^b	844 ^a	55.9	91.3	1.63	2022	77.2	142.8	1.85	53.7	90.9	1.69
USA	Avec	454 ^a	28.8 ^a	38.4	1.33 ^b	841 ^a	55.3	90.8	1.64	2023	77.5	141.9	1.83	53.7	90.6	1.69
TUN	Sans	399 ^b	25.0 ^b	35.9	1.44 ^a	763 ^b	52.0	84.3	1.62	1907	75.0	137.6	1.84	50.5	86.6	1.75
TUN	Avec	437 ^a	27.7 ^a	37.3	1.34 ^b	820 ^a	54.6	88.7	1.62	1989	75.7	142.4	1.86	52.8	90.0	1.73
ESM ⁵ (n=5)		4.0	0.28	0.42	0.015	7.5	1.05	1.34	0.031	22.4	1.39	2.09	0.035	0.60	1.05	0.021
Origine soja																
ARG		451 ^a	28.6 ^a	38.3	1.34 ^b	839 ^a	55.5	90.4 ^a	0.63	1979 ^{ab}	74.8	144.1	1.93 ^a	52.5 ^{ab}	91.4 ^a	1.71
USA		453 ^a	28.8 ^a	38.2	1.33 ^b	843 ^a	55.6	91.1 ^a	1.64	2023 ^a	77.4	142.4	1.84 ^b	53.7 ^a	90.8 ^{ab}	1.69
TUN		418 ^b	26.4 ^b	36.6	1.39 ^a	791 ^b	53.3	86.5 ^b	1.62	1948 ^b	75.8	140.0	1.85 ^{ab}	51.7 ^b	88.3 ^b	1.74
ESM ⁶ (n=10)		2.8	0.20	0.29	0.010	5.3	0.74	0.95	0.022	15.8	0.98	1.48	0.025	0.42	0.74	0.015
Huile essentielle (AEN 1400)																
Sans		434	27.4	37.3	1.37	835	54.3	90.1	1.63	1957	77.1	140.6	1.88	51.9	89.2	1.72
Avec		448	28.4	38.0	1.34	814	55.3	88.6	1.63	2010	74.9	143.7	1.87	53.4	91.1	1.71
ESM ⁷ (n=15)		2.3	0.16	0.24	0.009	4.3	0.61	0.78	0.018	12.9	0.80	1.20	0.020	0.35	0.61	0.012
		Probabilité														
Origine soja		***	***	***	***	***	0.0629	**	NS	**	NS	NS	*	**	*	0.0622
Huiles esse (AEN 1400)		***	***	0.0545	*	**	NS	NS	NS	**	0.0744	0.0742	NS	**	*	NS
Origine soja * Huiles esse		***	***	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹ Poids vif moyen, g.

² Gain moyen quotidien, g.

³ Consommation moyenne journalière,

⁵ESM (5 répétition de 50 sujets de poulets de chair de 1 à 37 jours d'âge pour chaque traitement).

⁶ESM (10 répétition de 50 sujets de poulets de chair de 1 à 37 jours d'âge pour chaque effet principale).

⁷ESM (5 répétition de 50 sujets de poulets de chair de 1 à 37 jours d'âge pour chaque effet principale)

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

8.1. Le poids vif

Les résultats statistiques ont révélés une différence significative entre les poids vifs de la période de démarrage (1à 15 jours). Le poids vif des sujets recevant le soja tunisien dans leur régime alimentaire a enregistré la valeur la plus faible (399g/sujet) durant cette période d'élevage. Cette valeur est corrigée dans le même régime alimentaire en ajoutant l'huile essentielle AEN (437g/sujet). Dans le même contexte, les autres régimes alimentaires n'ont pas enregistrées de différence significative entre les poids vif calculés.

Cette analyse statistique a prouvé que l'effet de l'origine du soja est hautement significatif au niveau du poids vif, de ce fait le soja tunisien a permis le poids vif le plus bas durant cette période d'élevage avec 418g/sujet contre 453g/sujet pour le soja Américain et 451g/sujet pour le soja Argentin.

La figure 16 montre l'influence de l'origine du soja dans l'augmentation du poids vif durant la première partie de l'élevage (1-15 jours)

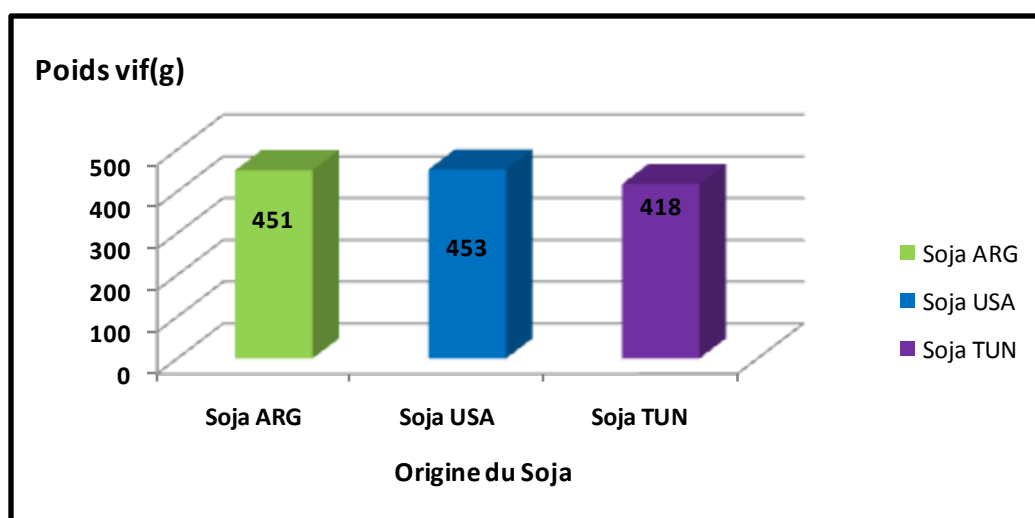


Figure 16. Variation du poids vif en fonction du Soja durant la première phase de l'élevage

Pour l'huile essentielle AEN, l'effet a été remarquable sur le poids vif ; pendant la phase de démarrage, on enregistre un poids élevé pour les sujets des trois régimes recevant l'AEN (448g/sujet) contre le poids des sujets qui n'ont pas d'AEN dans leurs régimes alimentaires.

Ceci est confirmé par différents essais de l'AEN dans différentes régions du monde en révélant son effet positif sur le gain de poids pour différentes souches de poulet de chair. (Phytosynthèse, 2002)

La figure 17 rapporte l'effet de l'AENTM sur le poids vif des animaux.

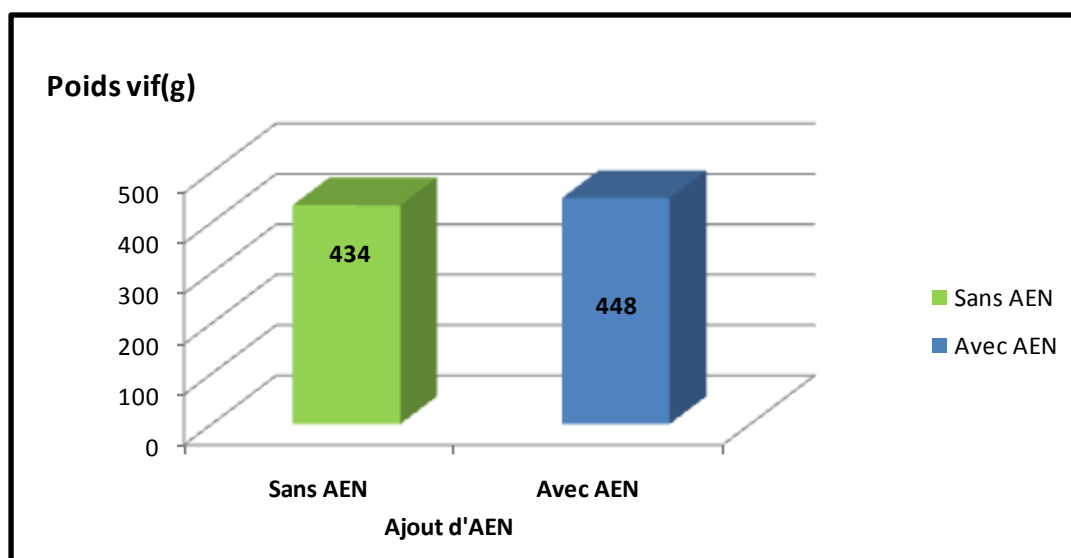


Figure 17. Effet de l'AEN sur le poids vif des animaux

Pour la deuxième et la troisième phase d'élevage (16-22jours) et (23-37jours) l'évolution du poids vif a presque suivi le même rythme de la première période avec un meilleur poids vif pour les sujets recevant le Soja Américain qui atteint les 2023g/sujet contre 1979g/sujet au niveau du soja Argentin. Le poids vif des animaux recevant le soja tunisien reste le plus faible et tend à se corriger avec l'ajout de l'AEN. L'étude statistique aussi prouve que l'origine du soja est hautement significatif ($P \leq 0,001$) sur le poids vif des animaux ce qui explique l'ordre au niveau de ces différents traitements.

L'effet de L'huile essentielle AEN tend à diminuer en avançant dans la période de l'élevage ($P \leq 0,01$) et l'origine du soja devient l'effet principal influençant l'évolution du poids vif pour les animaux des différents traitements, autrement dit l'huile essentielle AEN a un effet plus clair et plus nette durant la première phase de l'élevage et ceci est expliqué par l'effet de cet additif sur les clostridies et les bactéries Gram+ qui sont plus fréquentes au premiers jours de l'élevage par contre l'effet de l'origine du soja persiste durant tout l'élevage ce qui prouve l'utilisation des mêmes matières premières dans les différents forme d'aliments.

L'évolution du poids des différents traitements au cours de toute la période d'élevage est indiquée dans la figure 18.

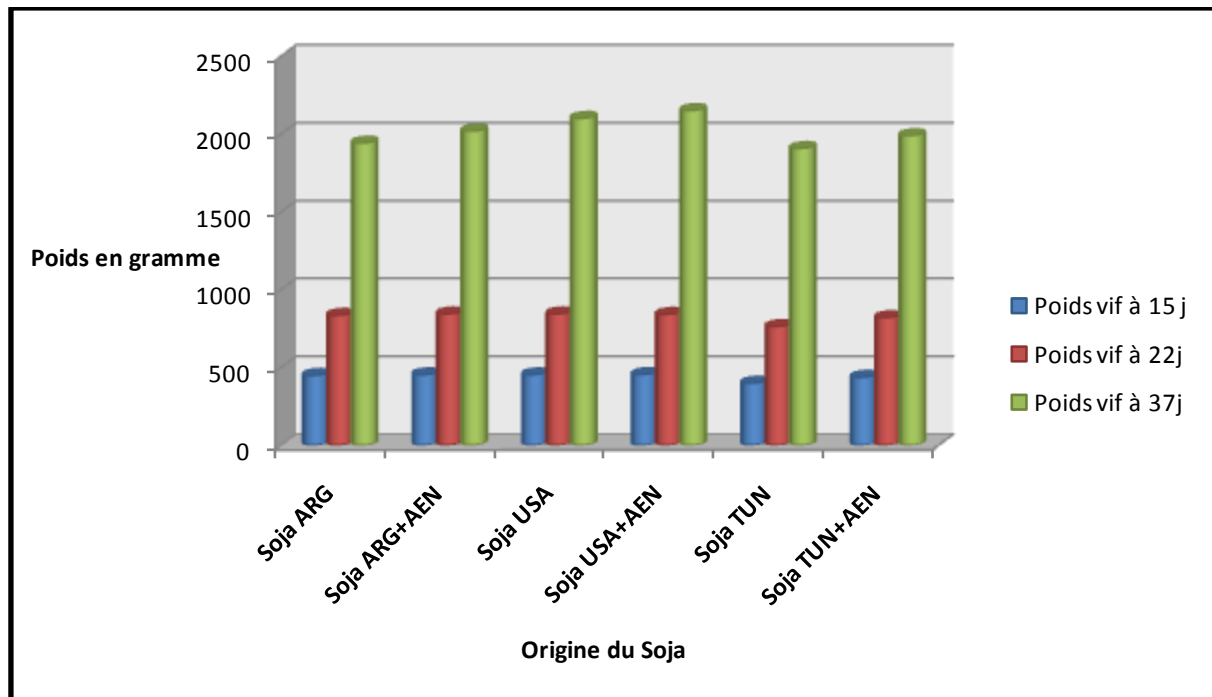


Figure 18. Évolution du poids vif des différents traitements au cours de l'élevage

8.2. Le Gain Moyen Quotidien

Durant la première partie de l'élevage (1-15 jours), on a observé une différence au niveau du GMQ des différents traitements.

Le gain moyen quotidien pour les sujets recevant le soja Local dans leurs régimes alimentaires enregistre la faible valeur avec 25g/j, cette valeur tend à s'améliorer en ajoutant l'huile essentielle AEN pour le même régime pour atteindre 27,7g/j.

Les autres types de tourteau de soja marquent des GMQ presque égaux avec une légère augmentation pour le tourteau de soja Américain. Donc l'origine du tourteau de soja apparaît comme ayant un effet hautement significatif ($P \leq 0,001$) au niveau des GMQ durant cette phase, même chose pour l'huile essentielle AEN ($P \leq 0,001$) mais cet effet reste considérablement remarquable chez le tourteau de soja Local.

La figure 19 rapporte les variations du GMQ en fonction de l'origine du Soja ainsi que l'ajout de l'AEN durant la première période de l'élevage.

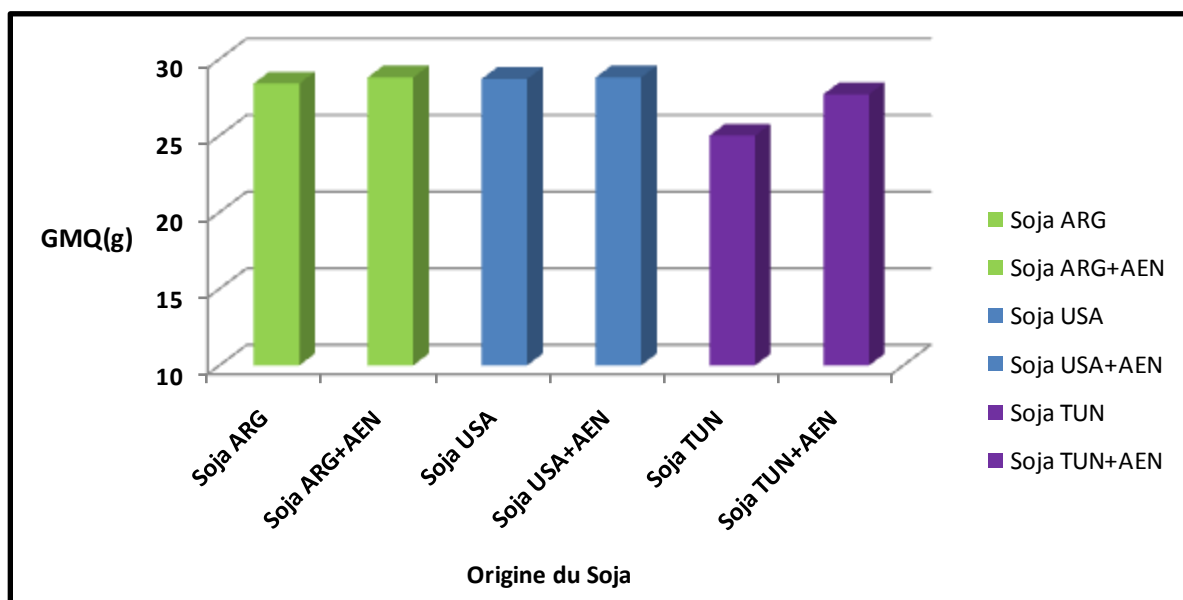


Figure 19. Variation du GMQ en fonction de l'origine du soja et de l'AEN au cours de la première période d'élevage

La deuxième période d'élevage (16-22 jours) a suivi la même cinétique de croissance avec de bonnes GMQ pour le tourteau de soja ARG et le tourteau de Soja USA et un gain moyen relativement constant et faible pour le tourteau de soja locale. Durant cette période l'origine du soja reste l'effet le plus significatif avec ($P \leq 0,001$) avec un recul de l'effet de l'AEN et l'interaction entre ces deux derniers. L'effet de l'huile essentielle AEN reste durant cette phase restreint sur le Soja local avec un GMQ qui atteint les 54,6g/j. la figure 20 décrit les variations du GMQ au cours de cette phase.

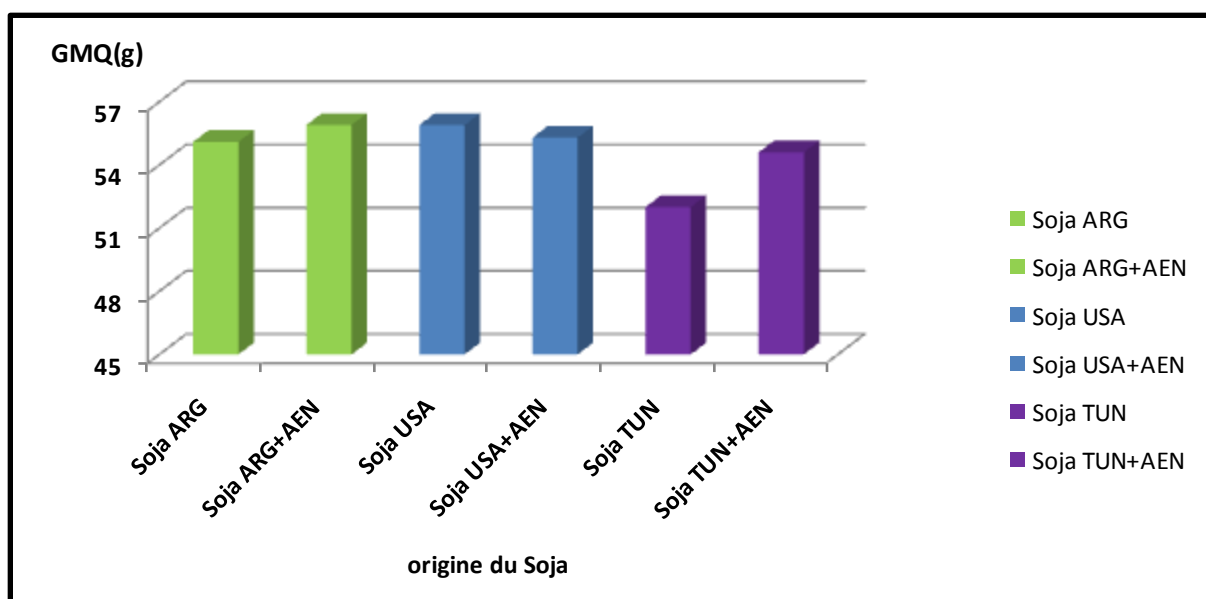


Figure 20. Variation du GMQ en fonction de l'origine du soja et de l'AEN au cours de la première période d'élevage

La troisième période d'élevage (23-37j) a montré une chute au niveau du GMQ du régime à base de soja Argentin avec une légère correction au niveau du GMQ du soja locale. Durant cette période l'effet de l'huile essentielle AEN a été remarquable au détriment de l'origine du soja. Cette correction a été évidente surtout au niveau du soja Argentin. Ceci est confirmé par l'effet permanent de cet additif sur la totalité de la période d'élevage pour le régime à base de soja local.

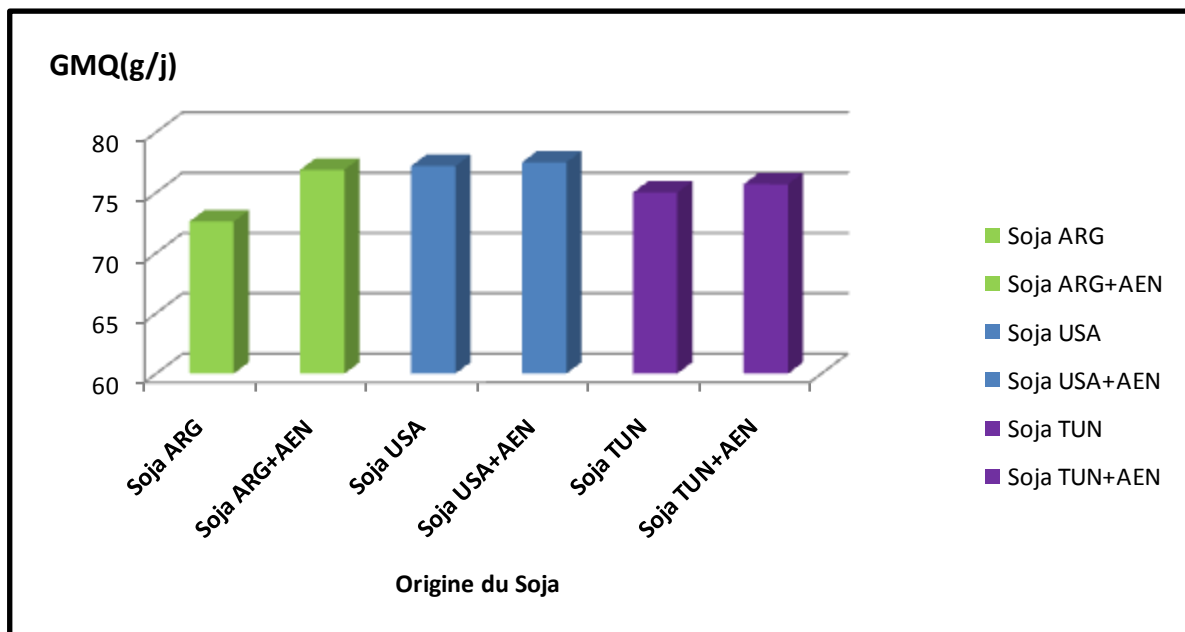


Figure 21. Variation du GMQ en fonction de l'origine du soja et de l'AEN au cours de la troisième période d'élevage

Le GMQ global

Le gain moyen quotidien global a confirmé les résultats détaillés par période ; de ce fait le soja Américain a transcrit les meilleurs GMQ durant tout l'élevage suivi du régime à base de soja Argentin. L'analyse du GMQ global a confirmé les mauvais résultats inscrits par le régime du soja local.

L'effet de l'origine du soja a été hautement significatif au cours de cette expérience sur le gain moyen quotidien, même chose pour l'effet de l'huile essentielle AEN avec ($P \leq 0,01$) qui a amélioré les GMQ observés pour les régimes sans additif, mais cette amélioration apparaît plus significative au niveau du Soja Local.

Tableau 37. Variation du GMQ global en fonction de l'origine du soja et de l'huile essentielle AEN

Période globale (1-37 jours)						
Origine du Soja	Soja ARG		Soja USA		Soja TUN	
Huiles essentielles AEN	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Gain Moyen Quotidien (g)	53.6 ^a	51.5 ^b	53.7	53.7	52.8 ^a	50.5 ^b

L'évolution du gain moyen quotidien par période est montrée par la figure 22.

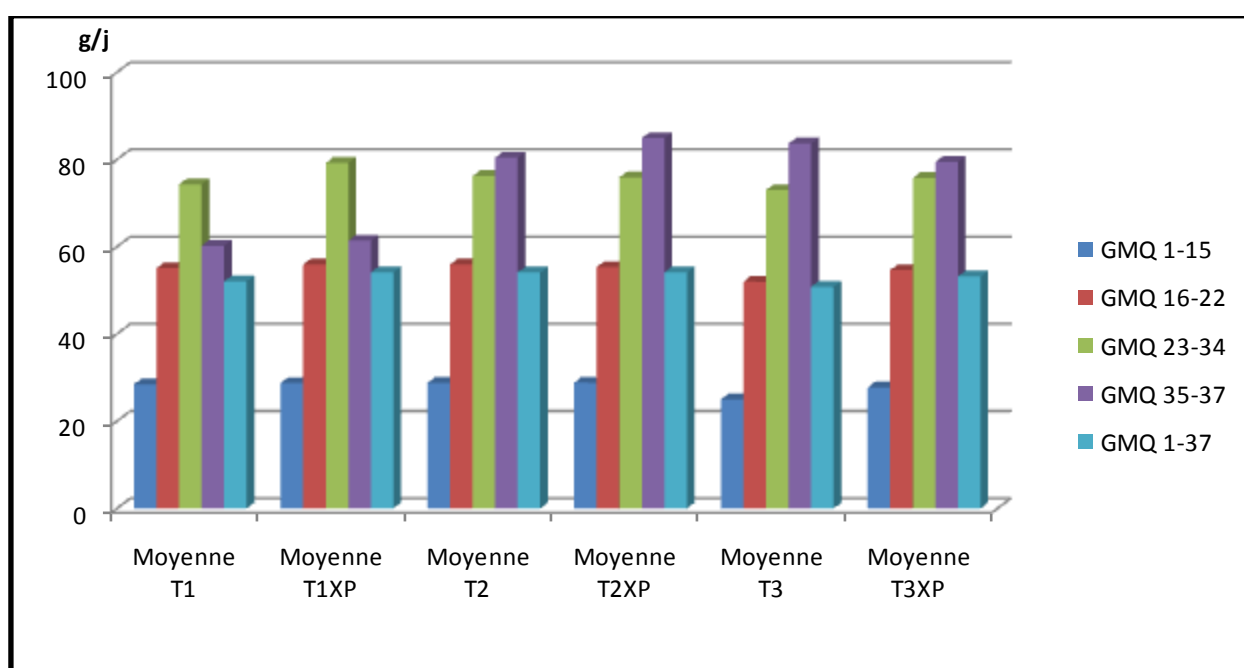


Figure 22. Les gains moyens quotidiens par périodes

D'après cette figure on constate que les gains moyens quotidiens sont presque égaux pour les différents traitements avec une légère amélioration pour les gains enregistrés au niveau du tourteau de soja Américain. ces résultats sont expliqués par une consommation meilleur au niveau des traitements T2 et T2XP. Le tableau qui suit détaille bien les différents gains moyens pour chaque traitement et son influence sur les poids moyens.

Tableau 38. Les Poids moyens et les Gains Moyens Quotidiens par traitement

	PM 0	PM 7	GMQ 7	PM 15	GMQ 15	PM 22	GMQ 22	PM 28	GMQ 28	PM 37	GMQ 37
Moyenne T1	42,2	160,3	19,7	449,2	36,1	834,8	55,1	1252,7	69,7	1941,0	74,4
Moyenne T1XP	41,5	161,4	20,0	452,6	36,4	844,1	55,9	1287,2	73,9	2017,6	79,0
Moyenne T2	42,0	166,7	20,8	452,6	35,7	844,1	55,9	1272,6	71,4	2020,6	80,9
Moyenne T2XP	41,6	163,7	20,3	453,6	36,2	840,9	55,3	1269,8	71,5	2023,0	81,4
Moyenne T3	41,4	147,2	17,6	399,0	31,5	762,9	52,0	1161,6	66,5	1906,5	80,5
Moyenne T3XP	41,8	165,2	20,6	437,2	34,0	819,7	54,6	1238,7	69,8	1989,1	81,1
Moyenne Général	41,8	160,7	19,8	440,7	35,0	824,4	54,8	1247,1	70,5	1983,0	79,6

8.3. La Consommation Moyenne Journalière

Durant la première partie de l'élevage (1-15 jours), on a détecté une différence au niveau de la consommation moyenne des différents traitements.

Les sujets recevant le soja local dans leur régime alimentaire ont enregistré la consommation la plus faible avec 35,9g/sujet, cette consommation tend à augmenter en ajoutant l'huile essentielle AEN pour atteindre 37,3g/sujet.

Les autres types de soja marquent une CMJ presque égale avec une légère augmentation pour le régime contenant le soja Américain. Durant cette partie l'origine du soja apparait hautement significatif($P \leq 0,001$), par contre l'huile essentielle AEN n'a pas influencé la consommation moyenne au cours de cette même période, cette hausse au niveau de la consommation est peut être dû au profil des acides aminées au niveau des matières premières spécialement au niveau des tourteaux de soja.

Le soja Américain représente un profil d'acides aminés bien équilibré par rapport aux autres types de soja, les acides aminés essentiels tel que la lysine et la méthionine représentent des

pourcentages importants par rapport à l'apport des autres tourteaux de soja ce qui implique une légère augmentation au niveau de la consommation du régime à base de soja américain.

La figure 23 montre l'effet de l'origine de soja pendant la première partie de l'élevage sur la consommation moyenne journalière.

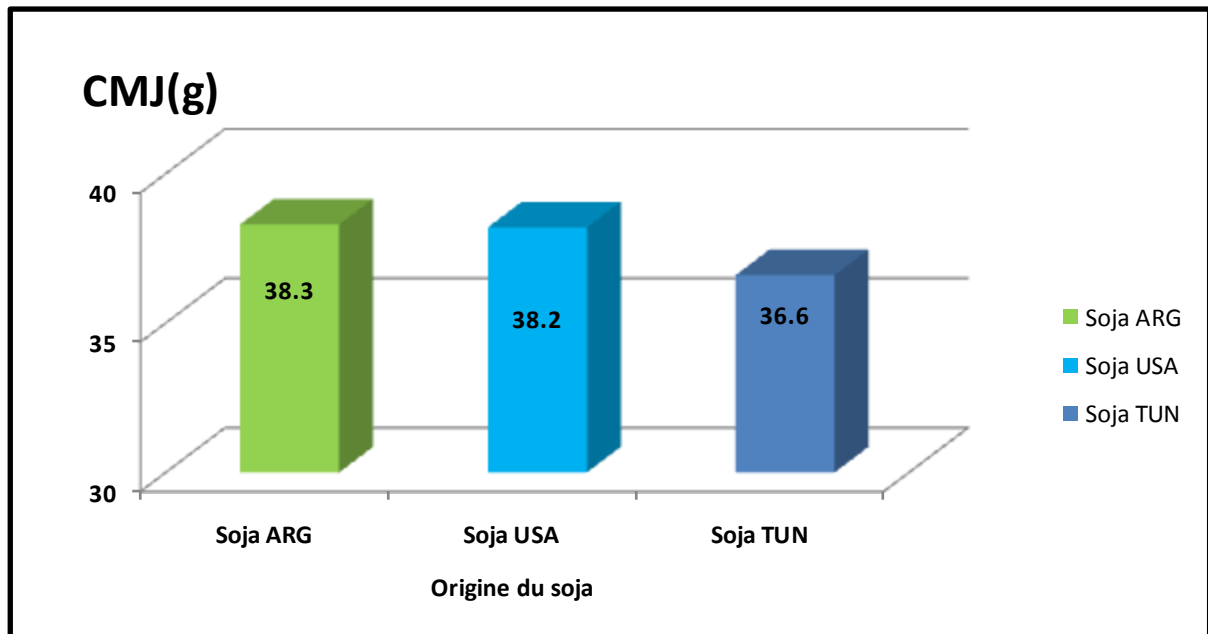


Figure 23. Effet de l'origine de soja sur la consommation moyenne journalière pendant la première phase d'élevage

La deuxième période d'élevage (16-22 jours) a aussi noté les mêmes résultats avec une meilleure consommation pour l'aliment contenant le soja USA ensuite l'aliment à base de soja Argentin, le régime à base de soja local reste moins important pendant cette période.

Pour les mêmes raisons, l'origine du soja a confirmé son effet hautement significatif pour la consommation moyenne journalière avec ($P \leq 0,01$).

L'effet de l'huile essentielle AEN reste un peu faible durant cette période mais l'effet de ce dernier devient significatif pour le régime contenant le tourteau de soja local avec une amélioration qui passe de 84,3 g/sujet pour atteindre 88,7 g/sujet. L'effet de l'origine de soja sur la consommation moyenne journalière pendant cette période est indiqué par la figure 24.

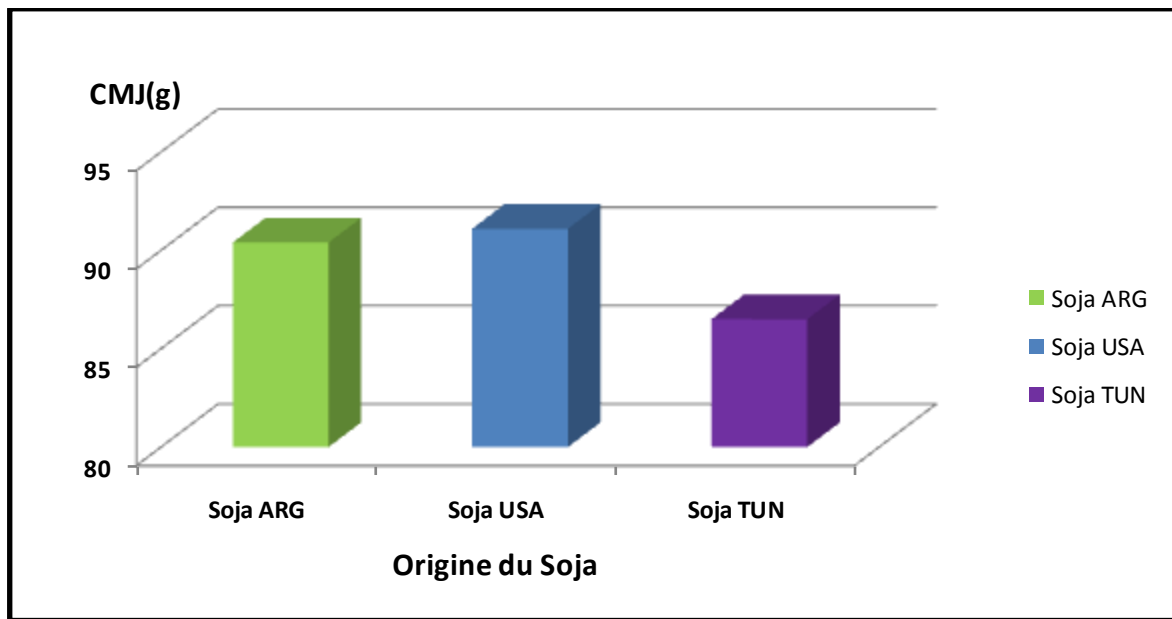


Figure 24. Effet de l'origine du Tourteau de soja sur la consommation moyenne journalière pendant la deuxième phase d'élevage

La troisième période d'élevage a dégagé des différences significatives au niveau de la consommation journalière. L'effet de l'huile essentielle AEN a été déterminant durant cette période avec une amélioration de la consommation du régime à base du soja argentin qui atteint 146,9g/sujet contre 141,2g/sujet pour l'aliment n'ayant pas cet additif dans sa composition, cet effet a été aussi remarquable au niveau du soja local avec une légère amélioration pour le régime à base de soja Américain.

La figure 25 détaille l'évolution de la consommation moyenne journalière au cours de cette dernière phase d'élevage.

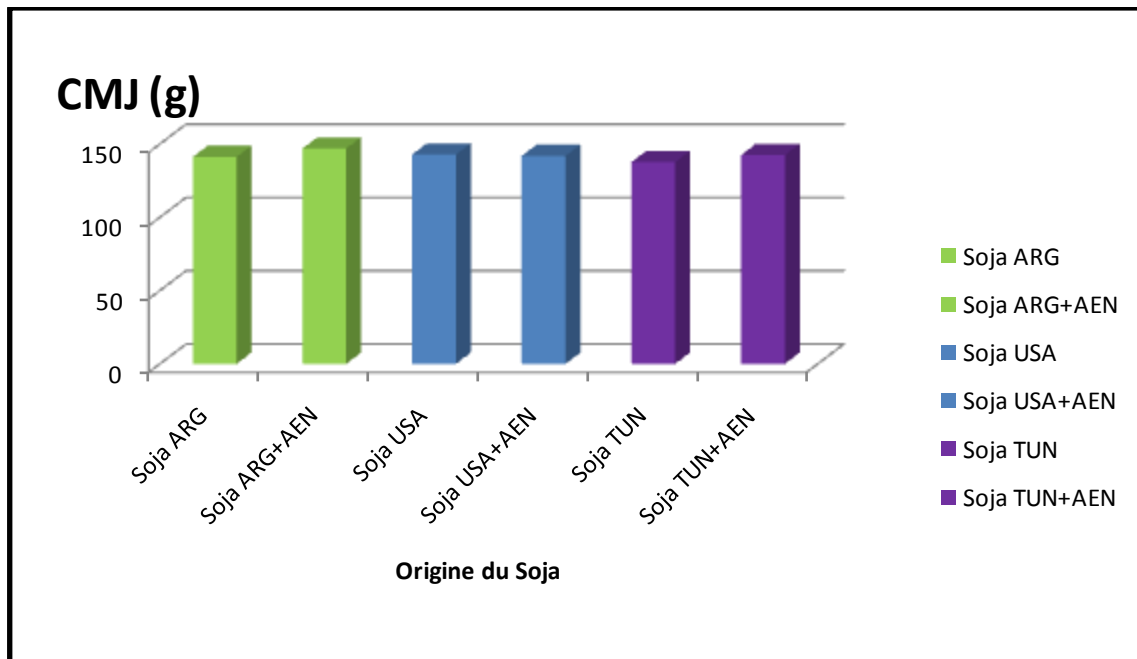


Figure 25. Évolution de la consommation moyenne journalière au cours de la troisième période d'élevage

La CMJ Global

La consommation moyenne journalière globale a confirmé les résultats détaillés par période.

L'effet de l'origine du soja a été significatif durant toute la période de l'élevage ($P \leq 0,05$) avec une dominance pour le régime contenant le tourteau de soja Américain comme matière première.

L'effet de l'huile essentielle AEN a été aussi marquant avec une amélioration notable au niveau de la consommation mais cette amélioration reste plus remarquable pour l'aliment à base de soja local. Cet effet remarquable peut être la cause de la qualité du tourteau de soja local victime soit d'un sous cuisson ou d'un sur cuisson au cours de sa trituration. Le sous cuisson est traduit par une diminution de l'appétence des poulets vis-à-vis de cet aliment, cette inappétence est battue par l'addition de ces huiles essentielles. En contre partie le sur cuisson de ce tourteau de soja tend à diminuer la fraction protéique dans l'aliment et la rend indigestible due à la réaction de Maillard. L'AEN a son rôle va sauver un pourcentage de cette fraction protéique inclus dans la réaction et essaie de rendre cet aliment plus digestible.

Britzman(1998) a démontré qu'à mesure que le traitement augmente, la croissance du poussin diminue, les performances de l'alimentation diminue, le pH diminue et la solubilité des protéines encore diminue de 86% à T0 d'autoclavage jusqu'à 40,8% à 80 minutes

d'autoclavage. Au sein de la même expérience, il a été démontré que la principale conséquence d'un traitement excessif du tourteau de soja est de rendre la Lysine et la Cystine indisponibles.

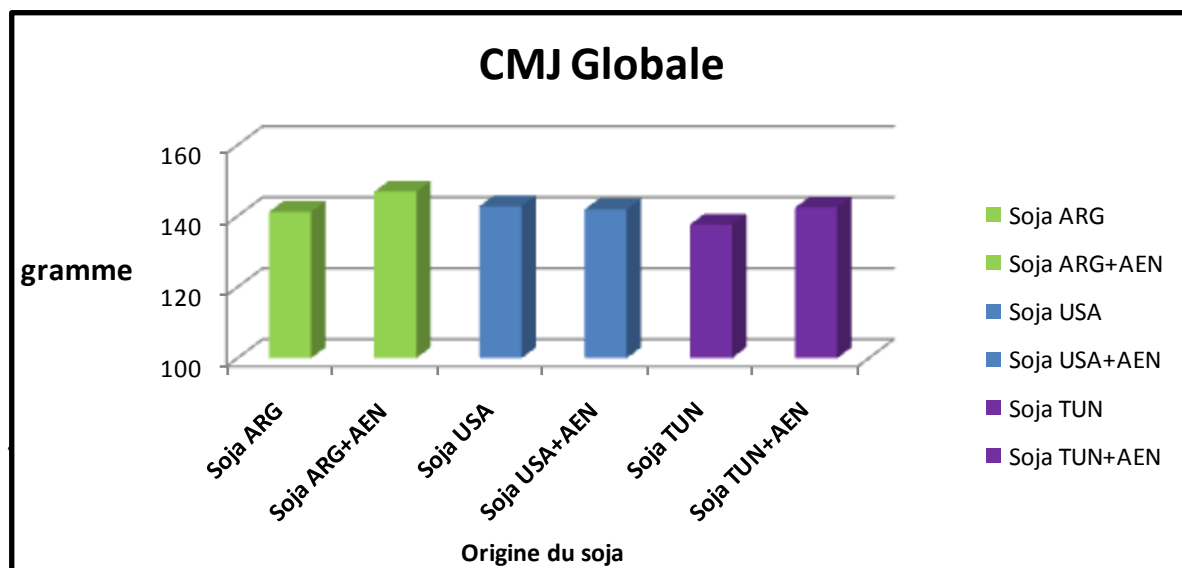


Figure 26. Évolution de la consommation moyenne journalière globale des différents traitements

Donc d'après les résultats obtenus, on a bien constaté que les poulets recevant le tourteau de soja Américain dans leur régime alimentaire ont enregistrées les meilleures consommations journalières, la figure 27 détermine la consommation moyenne journalière par période pour chaque traitement de l'expérience.

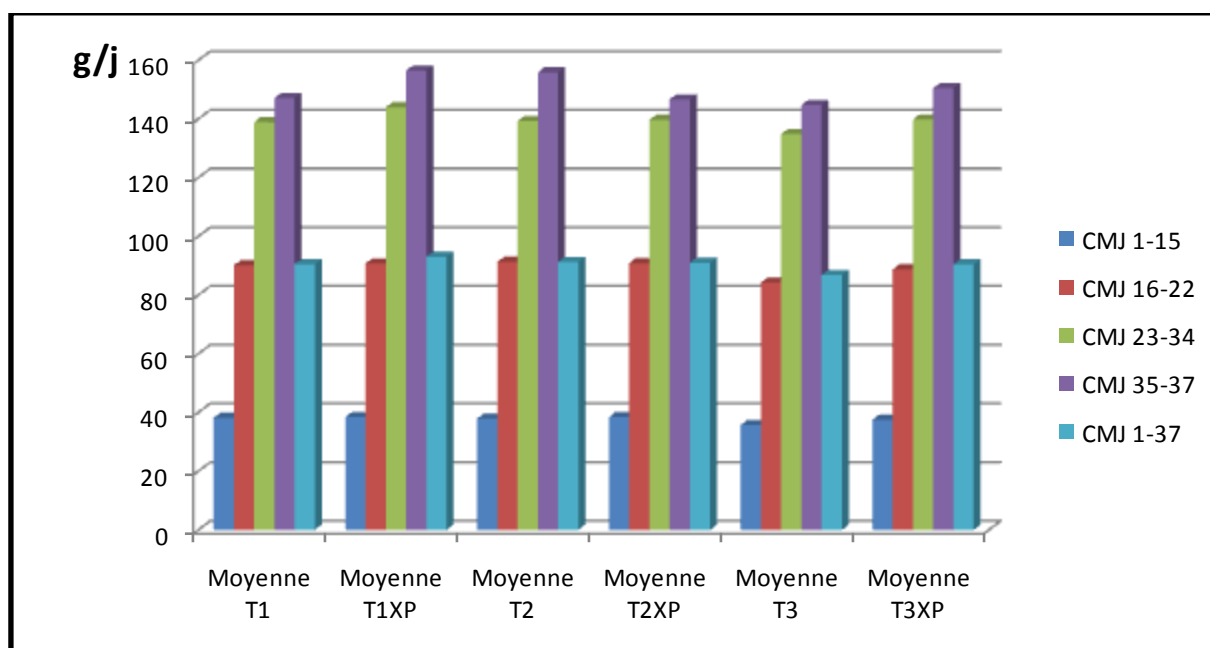


Figure 27. Les consommations moyennes journalières par période pour chaque traitement

8.4. L'indice de conversion

Pour la première période (1-15jours), l'analyse statistique a révélé que l'indice de consommation n'a pas enregistré des différences significatives au niveau des différents traitements sauf au niveau des sujets recevant le soja local dans leur régime alimentaire (IC= 1,44).

L'effet du soja ainsi que l'interaction entre l'origine du soja et l'AEN ont été hautement significatifs ($P \leq 0,01$) pendant cette première partie. Pour les deux périodes suivantes l'indice de conversion n'a pas noté des différences significatives au niveau des différents traitements avec un bon indice observé pour le régime du soja Américain suivi de l'indice des sujets recevant le soja Argentin.

Pour la deuxième phase d'élevage (16- 22j), l'indice de conversion s'est stabilisé entre les différents traitements et ni l'origine du tourteau de soja ni l'addition des huiles essentielles n'ont donné un résultat significatif.

La dernière phase d'élevage a noté une augmentation de l'indice des poulets recevant le tourteau de soja Argentin, cette augmentation est expliquée par une consommation journalière plus accentuée au cours de cette période. L'origine du tourteau de soja reste le seul ayant un effet significatif ($P \leq 0,05$) contre l'absence de l'effet des huiles essentielles sur cette période

L'origine du tourteau de soja a prouvé son effet significatif au cours des différentes phases d'élevage tandis que l'huile essentielle AEN n'a pas enregistré des résultats remarquables le long de ces périodes. Les résultats de l'indice de consommation sont corrélés étroitement à la consommation journalière et le gain moyen quotidien déjà traité dans les parties précédentes de ce travail.

Les différents indices notés au cours de la période global peuvent expliquer nettement l'effet de l'origine du tourteau de soja ainsi que l'huile essentielle durant cette expérience.

Tableau 39. Variation de l'indice de conversion global des différents traitements

Période globale (1-37 jours)						
Origine du Soja	Soja ARG		Soja USA		Soja TUN	
Huiles essentielles AEN	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Indice de conversion	1.73	1.75	1.69	1.69	1.71	1.70

D'après les résultats obtenus, on constate bien que la différence entre les traitements a résidé au niveau de la consommation moyenne journalière et le gain moyen y associé. Les différences au niveau des indices de conversion n'ont pas donné une grande différence et la figure 28 confirme ceci par les différents indices de consommation durant toute l'expérience.

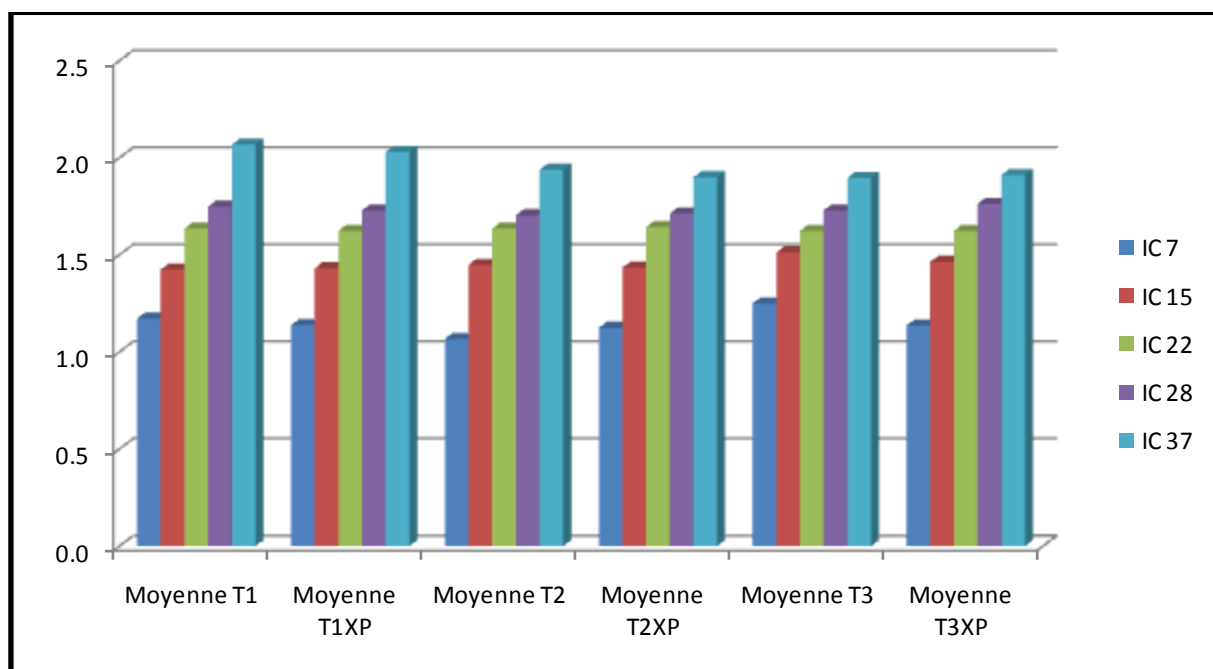


Figure 28. Les indices de consommation durant toute l'expérience pour chaque traitement

9. Résultats des Rendements à l'abattoir :

Les rendements des différentes composantes avant et après ressuyage sont inscrits dans le tableau 40.

Tableau 40. Influence de l'origine du tourteau de soja et de l'incorporation de l'AEN dans l'alimentation sur le rendement de carcasses des poulets de chair de 37 jours à l'âge de l'abattage

		Rendement avant ressuyage, %				Rendement ¹ après ressuyage, %			
		Carcasse ²	Gésier	Foie	Total	Carcasse	PC> 1200g	1000g < PC < 1200g	PC <1000g
Traitement									
ARG	Sans	73,07	1,23	2,83	77,13	72,10	55,72	43,90	0,40
ARG	Avec	74,10	1,20	2,84	78,15	73,15	62,46	36,96	0,57
USA	Sans	73,30	1,17	2,74	77,22	72,12	56,97	42,43	0,60
USA	Avec	72,73	1,07	2,80	76,60	71,98	58,56	40,90	0,53
TUN	Sans	71,11	1,13	2,80	75,04	70,22	44,20	54,72	1,08
TUN	Avec	72,84	1,24	2,77	76,85	71,87	52,70	47,15	0,16
ESM ³ (n=5)		0,43	0,05	0,07	0,46	0,42	3,26	3,38	0,32
Origine du Soja									
ARG		73,60 ^b	1,22 ^b	2,84 ^a	77,64 ^b	72,62 ^a	59,1 ^a	40,42 ^a	0,48 ^a
USA		73,01 ^b	1,12 ^a	2,77 ^b	76,91 ^{ab}	72,05 ^a	57,76 ^a	41,67 ^a	0,56 ^b
TUN		71,97 ^a	1,18 ^{ab}	2,78 ^b	75,94 ^a	71,04 ^b	48,43 ^b	50,94 ^b	0,62 ^c
ESM (n=10)		0,35	0,04	0,06	0,38	0,34	2,65	2,74	0,25
Huile ess (AEN1400)									
Sans		72,50	1,18	2,80	76,46	71,48	52,30	47,02	0,69
Avec		73,22	1,17	2,80	77,20	72,33	57,90	47,67	0,42
ESM (n=15)		0,26	0,03	0,04	0,28	0,25	2,00	2,07	0,18
Effet									
Origine du Soja		**	NS	NS	**	**	*	*	NS
Huile ess (AEN)		0,08	NS	NS	0,097	*	0,07	0,097	NS
Orig Soja * AEN		0,053	NS	NS	0,06	NS	NS	NS	NS

¹Exposé au froid (0°C) depuis deux heures

²Carcasse éviscéré sans pâte, tête et plumes

³SEM (5 échantillons de carcasse de poulets de 37 J pour chaque traitement

9.1. Rendement avant Ressuyage

L'étude statistique a révélé une différence significative au niveau du rendement de la carcasse avant le ressuyage.

L'origine du soja apparait hautement significative avec ($P \leq 0,01$) au niveau du rendement de la carcasse vide avec une dominance pour le tourteau de soja Argentin qui note 73,60% du rendement suivit du soja Américain qui présente 73, 01%. Le tourteau de soja Tunisien représente un faible pourcentage pour le rendement de la carcasse vide avant ressuyage, ceci est peut être expliqué par le poids vif des sujets avant abattage qui représentaient une différence avec les différents origines du soja.

L'origine du soja a été aussi hautement significative ($P \leq 0,01$) au niveau du rendement Total c'est-à-dire (carcasse vide+ abats) et les poulets recevant le soja Argentin viennent en première place pour enregistrer les meilleurs rendements après abattage devant les deux autres origines du soja.

L'effet de l'huile essentielle AEN n'a pas été remarquable durant cette partie d'analyse et le rendement des différentes composantes restent pratiquement non significatif.

Le rendement des abats (gésier +foie) n'a pas aussi enregistrés des différences significative pour les différent sujets de chaque traitements ceci peut confirmer l'action des régimes alimentaires adoptés et l'effet du tourteau de soja sur le gain de muscle au niveau des différents animaux. L'évolution du rendement de la carcasse vide des différents traitements est illustré au niveau da la figure 29.

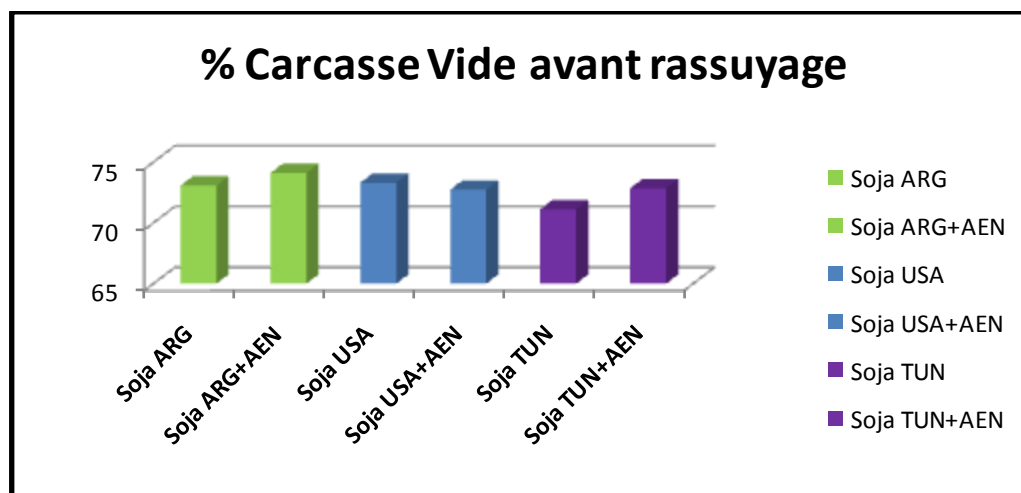


Figure 29. L'évolution du rendement de la carcasse vide des différents traitements avant ressuyage

9.2. Rendement après ressuyage

Les mêmes résultats ont été tirés dans le suivi des rendements après ressuyage, le rendement de la carcasse vide après ressuyage a été hautement significatif et ce résultat est corrélé avec les résultats déjà interprété pour le rendement avant ressuyage.

L'origine du soja a influencé sur le pourcentage de la carcasse vide après ressuyage ($P \leq 0,01$) avec toujours une dominance pour les sujets recevant le tourteau de soja Argentin par rapport aux autres régimes adoptées.

L'effet de L'huile essentielle AEN a été identifié après le ressuyage et son effet significatif a été confirmé par l'étude statistique avec ($P \leq 0,05$) au niveau du rendement de la carcasse. Les sujets recevant le tourteau de soja Argentin dans leur régime alimentaire plus l'AEN ont noté les meilleurs rendements durant l'abattage avec 73,15%. La figure 30 montre l'évolution du rendement de la carcasse ressuyé pour les différents traitements.

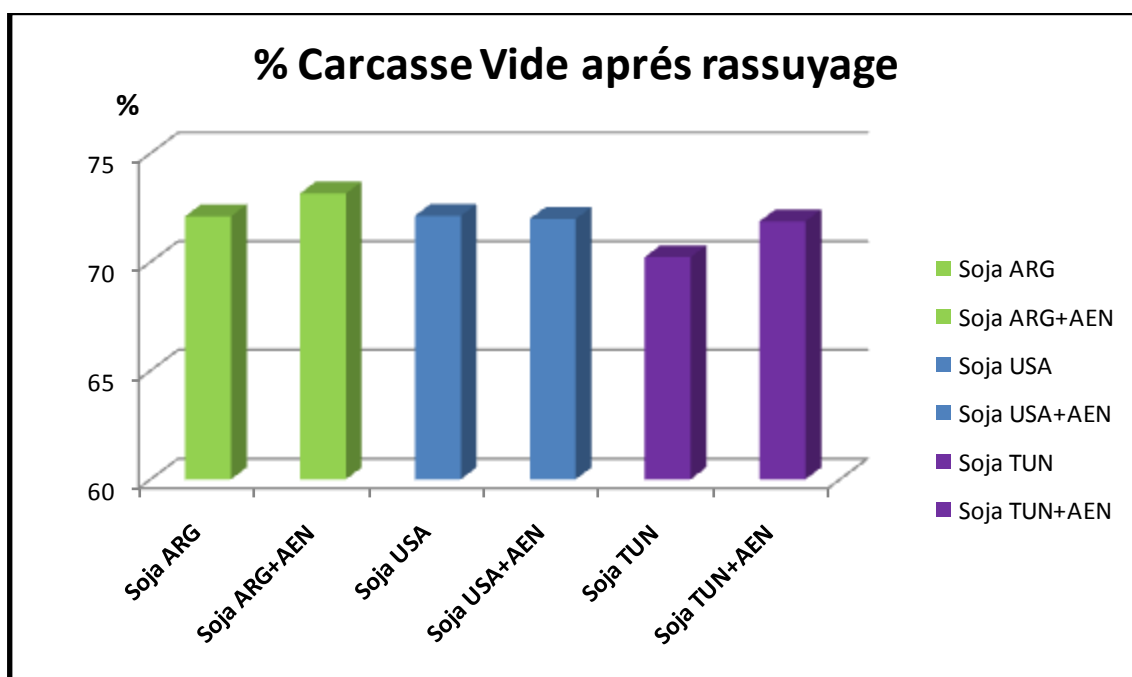


Figure 30. L'évolution du rendement de la carcasse vide des différents traitements après ressuyage

Le calibrage après le ressuyage a donné aussi des résultats significatifs aux niveaux des différents traitements. Le taux du calibre grand a été nettement aperçu au niveau des poulets recevant le tourteau de soja Argentin et Américain dans leur régime alimentaire et le test du seuil de signification confirme ces résultats avec ($P \leq 0,05$). Le taux du calibre Grand atteint les 59,1% au niveau des carcasses du régime Argentin.

Le régime à base de soja Américain a enregistré aussi un taux élevé pour le Grand avec 57,76% mais le pourcentage des carcasses « Calibre » ($1000\text{g} < \text{PC} < 1200\text{g}$) a été dominant dans le rendement de ce traitement avec 41,76% au détriment des autres animaux. Ces résultats sont confirmés par les poids vifs des sujets avant abattage et au niveau des paramètres productifs calculées au cours de l'élevage.

L'huile essentielle AEN n'a pas révélé de différences significatives au niveau du calibrage des différents sujets après ressuyage et le seul effet se limite au niveau du tourteau de soja qui reste l'effet le plus déterminant dans l'obtention des carcasses avec des calibres et des dépôts musculaires assez important.

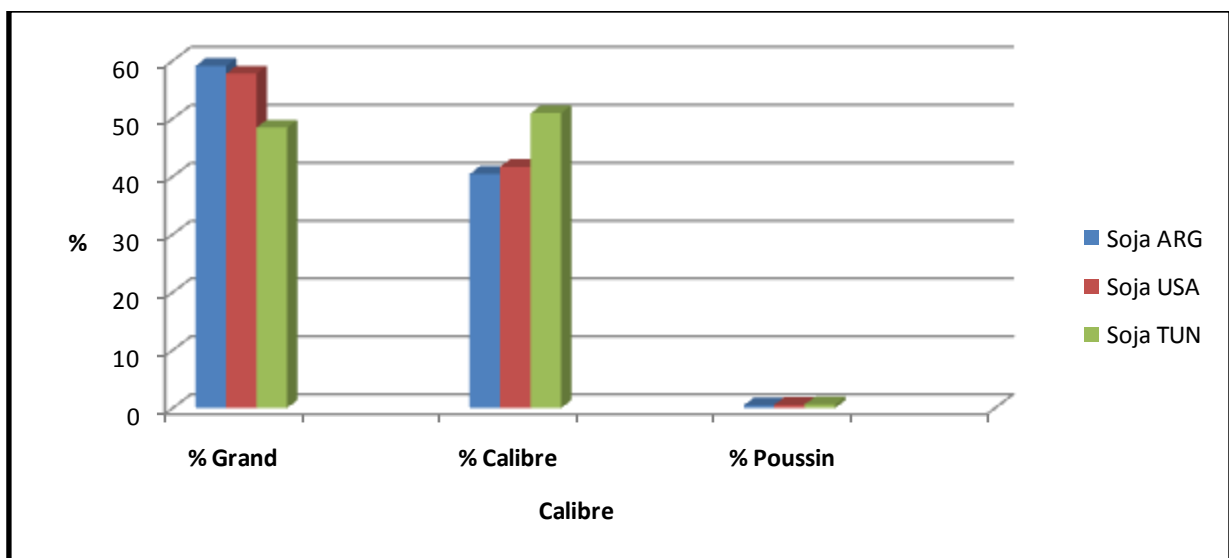


Figure 31. Pourcentages des différents calibres pour les différents types de soja

10. Rendement de Découpe

Après la sortie de la chambre de ressuyage, 5 poulets du calibre Grand de chaque traitement ont été triés au hasard pour subir la découpe et calculer le rendement de chaque partie de la carcasse. Au cours de cette opération, chaque partie du poulet a été découpée et pesée sur une balance électronique commençant par les cuisses, les ailes, l'escalope, la peau et finissant par la carcasse vide. 1500 poulets ont subi le même Protocole de découpe afin de calculer le rendement des composantes et déduire le pourcentage d'escalope, d'ailes et de cuisses de chaque traitement de l'expérience. Les rendements de découpe sont enregistrés dans le tableau 41.

Tableau 41. Influence de l'origine du tourteau de soja et de l'incorporation de l'AEN dans l'alimentation sur le rendement de carcasses des poulets de chair de 37 jours à l'âge de l'abattage

		Découpe (%)								
		PC ¹	Perte	Cuisses	Escalope	Carcasse vide ²	Ailes	Peau	cuisses + Escalope + Ailes	Carcasse vide + Peau
Traitement										
ARG	Sans	1519,63	0,45	33,82	22,04	26,60	13,30	3,78	69,17	30,39
ARG	Avec	1512,97	0,47	33,75	22,16	26,46	13,54	3,60	69,46	30,06
USA	Sans	1482,00	0,53	33,36	22,37	26,85	13,22	3,66	68,95	30,52
USA	Avec	1497,50	0,43	33,65	22,53	25,57	13,34	4,47	69,52	30,05
TUN	Sans	1563,76	0,33	33,71	22,00	27,00	13,25	3,70	68,97	30,70
TUN	Avec	1506,13	0,32	33,84	21,50	26,57	13,62	4,16	68,94	30,74
ESM ³ (n=5)		22,40	0,06	0,22	0,30	0,38	0,12	0,29	0,33	0,33
Origine de Soja										
ARG		1516,30 ^{ab}	0,46 ^a	33,79 ^a	22,10 ^a	26,53 ^a	13,42 ^a	3,70 ^a	69,31 ^a	30,22 ^a
USA		1489,74 ^b	0,48 ^a	33,50 ^b	22,45 ^a	26,21 ^a	13,28 ^b	4,07 ^b	69,24 ^a	30,28 ^a
TUN		1534,94 ^a	0,32 ^b	33,78 ^a	21,74 ^b	16,78 ^b	13,43 ^a	3,93 ^a	68,96 ^b	30,71 ^b
ESM (n=10)		18,16	0,04	0,24	0,24	0,31	0,09	0,23	0,26	0,27
Huile ess (AEN1400)										
Sans		1521,30	0,44	33,63	22,14	26,81	13,25	3,71	69,03	30,53
Avec		1505,54	0,40	33,74	22,06	26,20	13,50	4,07	69,31	30,28
ESM (n=15)		13,71	0,03	0,13	0,18	0,23	0,07	0,17	0,20	0,21
Effet		Probabilité								
Origine de Soja		NS	0,08	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Huile ess (AEN)		NS	NS	NS	NS	0,09	*	NS	NS	NS
Orig Soja * AEN		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹Poids de carcasse abattu, g.

²carcasse vide = carcasse de poulet abattu - (Cuisses + Escalope + Ailes + Peau)

³ESM (5 échantillons de carcasse de poulets de 37 J pour chaque traitement).

Les résultats de la découpe n'ont pas révélé des valeurs significatives. Les différentes composantes des poulets ont noté pratiquement les mêmes rendements de découpe à quelques différences près pour les différents traitements. L'origine du soja et l'huile essentielle AEN n'ont pas influencé le rendement de découpe pour les différents sujets.

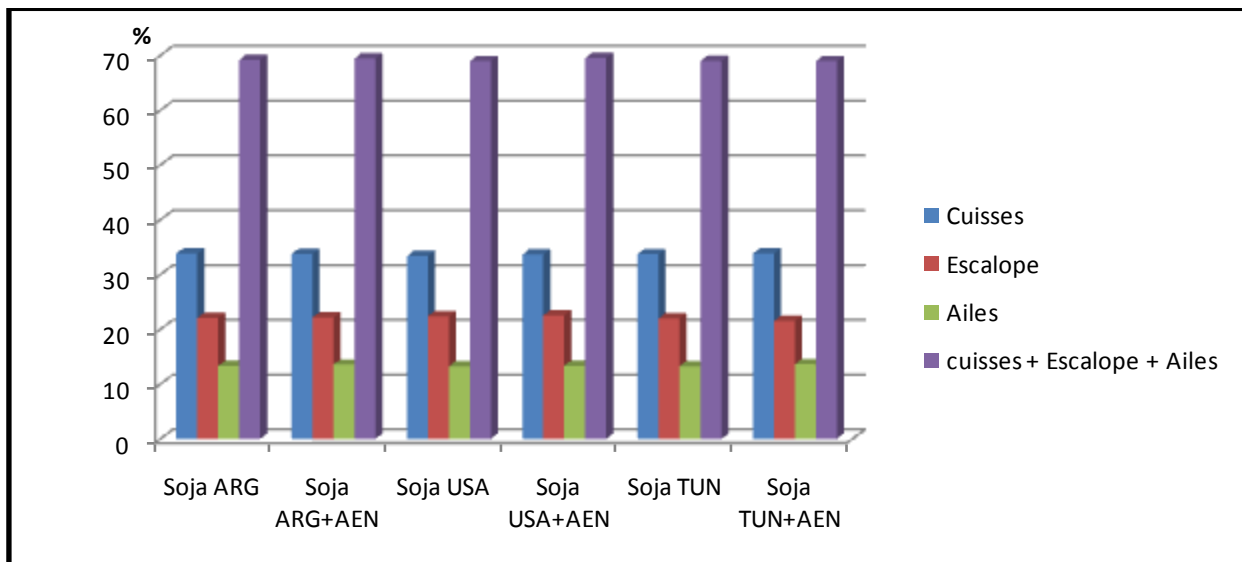


Figure 32. Rendements d'escalope, cuisses, Ailes et de l'ensemble (Escalope+cuisses+Ailes) des différents traitements après ressuyage

Le pourcentage d'escalope n'a pas enregistré des différences au niveau des 6 traitements aussi bien pour les deux cuisses avec toujours une dominance pour le soja Américain avec l'huile essentielle AEN.

Le pourcentage des ailes et de la peau ont présenté aussi des rendements similaires pour les différents traitements. La seule différence au niveau des rendements à être remarquer c'est au niveau de la carcasse vide ((carcasse de poulet abattu-(cuisses+escalopes+ailes+peau)) avec un pourcentage élevée pour les régimes à base de tourteau de soja Argentin et Américain par rapport au régime contenant le tourteau de soja local.

Les pourcentages des parties directement consommables par l'individu (cuisses, escalope et ailes) sont légèrement supérieurs au niveau du régime contenant le tourteau de soja Argentin et Américain.

L'huile essentielle AEN a été aussi légèrement influençant sur le rendement de découpe de la carcasse mais généralement l'effet des deux composantes (origine du Soja et AEN) reste non significative par rapport a celle démontré pour les paramètres productifs.

Conclusion Générale

A partir de cette étude, on a cherché essentiellement à tester l'effet de trois origines de tourteau de soja avec l'incorporation de l'additif AEN à base d'huiles essentielles sur les performances zootechniques des poulets de chair. A cet effet, six régimes ont été fabriqués ; trois à base des tourteaux de soja de différentes origines et trois en ajoutant l'AEN comme étant un additif alimentaire pour chacun des trois régimes précités.

Le suivi des paramètres productifs a été réparti sur trois périodes et durant les quelles les poulets recevant le tourteau de soja Américain ont enregistré des résultats plus convaincus que les deux autres origines de tourteaux de soja. Alors il s'est avéré que le taux protéique dans la matière première influence clairement sur la croissance des animaux même en partant d'un aliment iso-énergétique et iso-protéique. Les analyses des matières premières ont révélés un profil d'acides aminés plus adéquat pour le tourteau de soja Américain contre les autres tourteaux de soja surtout au niveau de la lysine qui représente l'acide aminé le plus déterminant au cours de la formulation des aliments, des corrections au niveau de la formule n'ont pas ajoutés un grand effet au niveau de la croissance des poulets. Le long de l'expérience, le tourteau de soja Américain a prouvé son efficacité en augmentant la consommation moyenne journalière et en agissant sur le GMQ et bien évidemment sur l'évolution du poids vif des animaux qui ont présentés des poids record durant les 37 jours d'élevage.

L'huile essentielle AEN a démontré son effet stimulant sur les régimes à base de soja Américain et Argentin en augmentant l'appétence de l'aliment et en améliorant nettement l'indice de conversion pour ces deux catégories. L'effet de l'AEN a été incontestable au niveau des poulets recevant le tourteau de soja local avec une amélioration nette de la consommation et du gain quotidien, cet effet déterminant s'est installé du à la mauvaise qualité du tourteau de soja local qui a subi une mauvaise transformation au cours de sa trituration.

Le taux d'incorporation du tourteau de soja Américain dans l'aliment a été inférieur à celle des deux autres aliments (32% pour le soja Américain contre 33% pour le soja Argentin) et les résultats des paramètres productifs ont notés des résultats nettement supérieurs à celle du tourteau de soja Argentin, donc une étude économique de cette expérience est à prévoir afin de prouver la rentabilité d'utiliser des tourteaux de soja d'origines Américain.

Références bibliographiques

- **Abdalla, A. E., & Roozen, J. P., 2001.** The effects of stabilised extracts of sage and oregano on the oxidation of salad dressings. *European Food Research and Technology*, 212, 551–560.
- **Aletor, VA., Hamid II., Niesse E., Preffer E., 2000.** Low protein amino acid supplemented diets in broilers chickens: effect on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies of nutriment utilization. *Poultry Sci.* 84, pp: 76-83.
- **Araba, and Dale, 1990.** Evaluation of protein solubility as an indicator of over-processing of soybean meal. *Poultry Sci.* 69 : 76-83.
- **Arnould, R., 1991.** L'utilisation des protéines pour la croissance, Thèse Universitaire. Louvain, Institut agronomique de Paris, France : 56p.
- **Anonyme., 2004.** Phytosynthèse[25/02/2009].Available from internet <URL: [http://www. Phytosynthèse. Com.](http://www.Phytosynthèse.Com)>
- **Balloun, S.L., 1992.** Lysine, arginine and methionine balance of diets for poultry. *Poultry Sci*, 41,pp: 213-214.
- **Batal, A.B., M.W. Douglas, A.E. Engram, and C.M. Parsons. 2000.** Protein dispesibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. *Poultry Sci.*, 79: 1592-1596.
- **Beaven, D.A., 1984.** Manufacture of Animal feeds. Turret-Wheatland Ltd., Herts-England.
- **Berk, Z., 1992.** Technology of production of edible flours and protein products from soybeans. *FAO Agricultural services bulletin* No. 97.
- **Britzman., 1998.** le tourteau de soja : une excellente source de protéines pour l'alimentation des volailles. *American Soybean Association. ASAE S319*, p.354.
- **Blum, J.C., 1981.** Remplacement du tourteau de Soja par la farine de viande et des associations de protéagineux dans l'alimentation du poulet de chair. *Ann. Zootech.*, 30, pp: 335-346.
- **Bolton, W., 1965.** The feeding of poultry. *J. Royal Agri. Soc.of England.* pp:205-220
- **Cebra, P.A., 1988.** La dégradation des protéines alimentaires : son rôle dans l'engraissement excessif du poulet de chair. *Engraissement du poulet de chair. WPSA-France edit.2006.*
- **Cebra, J.J., 1999.** Influence of Microbiota on intestinal immune system developement. *Am. J. Clin. Nutri.*, 69(5),pp :1046-1051.
- **Corpet, D.E., 2000.** Mécanisme de la promotion de croissance des animaux par les additifs alimentaires antibiotiques. *Médecine vétérinaire* : 151 (2) : 99-104.

- **Crane, R.K., 1979.** Gastrointestinal physiology. University Park Press, Baltimore. Poultry.Sci.89, pp:425-430;
- **Daudin, J-J and Tapiero C.S., 1996.** Les outils et les contrôles de la qualité. Economia(ed.), Paris, France, 112p.
- **Dalibard, H. S., 2003.** A determination of the Essential Amino Acid Proportions needed to Allow Rapid Growth in Chicks, Brit. Poultry Sci, 5, pp:99-111.
- **David, L., 1961.** L'industrie des aliments du bétail. Louis David edit. La Jarrie-France.
- **De Lange C., 2000.** The significance of anti-nutritional factors in feedstuffs for monogastric animals. In: Feed evaluation principles and practice, Moughan, P.J, pp: 169-170.
- **Denis, K., James D. House, and Nyachoti, C.M, 2004.** Alternatives to antibiotics in swine diets: a molecular approach. Departement of animal Science. University of Manitoba. Canada
- **Drougoul, C., Gaddoud R., Josef MM., Lisberney MJ., Mangeol B., Montméas L., Tarrit A., 2004.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tom II, Paris, France, pp : 204-211
- **Durrani, FR., Khan., Q., Mian., M.A, Durrani D., 2005.** Effect of feeding low protein broiler finisher diets supplemented with methionine and lysine on the overall performance of broiler chicks. Poultry Sci, 39, pp: 173-175.
- **Evrard, B., 2005.** les tourteaux d'oléagineux, source de protéine en alimentation animale. ASA, USA, 62, pp : 204-210.
- **Dudley-Cash, W.A. 1999.** Methods for determining quality of soybean meal protein important. Feedstuffs. Vol 71.N°1 January 4 1999.
- **Ferket, P.R., Van Heugten, E., Van Kempen, T.A., and Angel, R., 2002.** Nutritional strategies to reduce environmental emissions from non-ruminants. J. Anim. Sci., 80: 168-182.
- **Fockedey, J. et Arnould R., 1978.** Rôle des protéines dans le contrôle de plus en plus chiche l'appétit. Annu. Zootech, Paris, France: 66p.
- **Freeman, B.M., 1984.** Physiology and biochemistry of the domestic fowl, Vol.5, Londres, 46, p: 157-159.
- **Freter, K.L., 2004.** Effect of probiotic supplementation on the performance and the composition of the intestinal microflora in broilers. Acta. Agri. Kaposvariensis., 8(2): 23-31.
- **Friedman, M., Henika, P.R., Mandrell, R.E., 2002.** Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. J. Food Protect. 65, 1545-1560.
- **Fuller, R., 1989.** Probiotics in man and animals. Journal applied bacteriology. 66: 365-378.

- **Furuse, M. et Jeroch H., 1994.** The influence of antibiotic and enzyme addition to a barley-based ration on fattening performance and some characters of carcass composition and meat quality of broilers, Proc. 9th Eur. Poultry Conf., Darvel, the UK branch of the WPSA. P: 441-442.
- **Gabriel, I., et al, 2003.** La microflore digestive: une composante oubliée de la nutrition des volailles. Cinquième journée de la recherche avicole. Paris, France.
- **Gabriel, I., et Mallet, S., 2005.** La microflore digestive : facteurs de variation et conséquences pour l'animal. INRA. Prod Animal, 18(5), pp : 309-322.
- **Garlich., 1992.** Effect of overcooked soybean meal on chicken performance and amino acid availability. Poultry Sci. 71 : 499-508.
- **Geraert, P.A. Larbier M., 1988.** La dégradation des protéines alimentaires : son rôle dans l'engraissement excessif du poulet de chair. Engraissement du poulet de chair. WPSA-France edit.
- **GIPAC (Groupement Inter professionnel des Produits Avicoles et Cunicoles), 2006.** L'aviculture Tunisienne de 1984 à 1998.
- **GIPAC (Groupement Inter professionnel des Produits Avicole et Cunicoles), 2008.** L'aviculture tunisienne. Les volailles en Tunisie.
- **Givens, D.I., De Boever and E.R. Deauville. 1997.** The principles, practices and some future applications of near infrared reflectance spectroscopy for predicting the nutritive value of foods for Animals and humans. Nutrition Research Reviews, 10, pp: 83-86.
- **Grisoni, M.L., 1991.** Rôle des acides aminés alimentaires dans la lipogenèse du poulet de chair. Aviculture française : 145p.
- **Guillaume., 1998.** Performances et rendement de carcasse des poulets de chair standards, intermédiaires et labels, sous deux programmes alimentaires. Annu. Zootech, Paris, France : 48p.
- **Hammami M., 2002.** La valorisation du gaspillage alimentaire et ses effets sur les performances zootechniques des poulets de chair en croissance. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire. Tunis. Tunisie.
- **Hammer K.A., Carson, C.F., Riley, T.V., 1999.** Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. J. Appl. Microbiol. 86, 985–990.
- **Heywang B.W., 1998.** Energy Level of a sixteen percent protein diet for poultry in a semiarid, subtropical Climate, Poultry Sci, 41,pp : 1389-1393.
- **Herzig I., 2003.** Testing of growth promoting and protective activity of the probiotic lactiferm in weaned piglets. Acta. Vte .Brno., 72,pp:331-338.
- **Hussein AS., Cantor AH., Pescator AJ., Gates RS., Burnham D., Ford MJ., Paton ND., 2001.** Effect of low protein diet with amino acid supplémentation on broiler growth. J. Appl. Poultry. Res., 12:60-64.
- **Jean-Blain C., 2002.** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Edition Médicales Internationales. Tech et Doc. Paris, France. 64, pp: 183-185.

- **Jakob S., 2003.** Importance des acides aminées non indispensables dans l'alimentation des volailles, Alimentation et Vie, 55, n° spécial, Paris, France, pp : 167-168.
- **Jin I., 2000.** Digestive and bacterial enzyme activities in broilers fed diets supplemented with lactobacillus cultures. Poult.Sci, 79,pp: 886-891.
- **Johnson L.R., 1981.** Physiology of the gastrointestinal tract. Vol 1 et 2. Raven Press New-york.
- **Juin H., Recoquillay F., 2005.** 6ièmes JRA, St Malo, France, 197-200.
- **Kakade, M.L., J.J. Rackis, J.E. McGhee and G. Puski, 1974.** Determination of trypsin inhibitor activity of soy products : a collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem. 46, 518-526.
- **Karma R ., 2005.** Le secteur avicole en Tunisie – Rôle du GIPA- Workshop sur les bonnes pratiques en élevage avicole – organisé par la FAO & le GIPA 20 – 22 septembre 2004 à Hammamet.
- **Karma R ., 2002.** Gestion des excédents, Présenté à la Conférence lors du salon de l'agriculture SIAMAT.
- **Karma R., 2001.** Mise à jour de « l'aviculture Tunisienne». édité par le GIPAC en 2000 puis en 2001.
- **Lacassagne L., 1988.** Alimentation des volailles : Substituts au Tourteau de Soja 1-les protéagineux. I.N.R.A.Prod.Anim., 1, pp : 47-57.
- **Larbier, M. et Leclercq, B., 1994.** Nutrition et alimentation des volailles. Edition. INRA.
- **Plouzeau M., Lessire M., 1990.** Les matières premières proteiques alternatives en alimentation avicole. 8 ème Conf. Europ. Avi. Vol. 1, 136-147 Barcelone, Espagne.
- **Leclercq B., Blum JC., Sauveur B., Stevens P., 1989.** L'alimentation des animaux monogastriques porc, lapin, volailles. Chapitre 9, p : 84-104.
- **Leclercq B., 1986.** Energy requirement of Avian Species. In Nutriment Requirement of Poultry. Butterworths edit.chap 6, p: 56-58.
- **Lee, K W., 2000.** Microbial dynamics of the broiler intestinal tract. Poult Sci.,(5),pp:01-03.
- **Liener I.E., 1980.** Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press.
- **Liu, K., 1997.** Soybeans: chemistry, Technology, and utilization, Aspen Publishers, New York.
- **Mahagna W., 1989.** Recent developments in poultry nutrition. Butter-Worths 69: 215p.
- **Macleod M.G., Geraert P.A., 1988.** Energy metabolism in genetically fat and lean birds and mammals. In learnness in domestic Birds, chap.8, Butterworths edit.

- **Mallet S. et al, 2001.** Facteurs de variation de la microflore intestinale des oiseaux domestiques. Impact de l'alimentation. Quatrième journée de la recherche avicole. Nantes.
- **Melcion J.P., 1989.** Cuisson extrusion et alimentation animale. Rev.Alim.Anim.,juin,pp : 33-38.
- **Munnich A., Ogier H., Saudurbray J.M., 1987.** Les vitamines. Masson edit., Paris, 112, pp: 165-169.
- **Muramatsu K., 1987.** Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *Hirtum*). Food Control, 71, pp:79-83.
- **Noy J.R., 1982.** A theory of feeding and growth of animals. 76 .pp : 108-111.
- **Prioult G., 2003.** Effet des probiotiques sur l'induction et le maintien de la tolérance orale à la β -Lactoglobuline chez la souris et étude de leurs mécanismes d'action. Thèse. Université de Laval. Quebec.
- **Quentin M., Bastianelli D., Picard M., 2004.** Quels besoins du poulet de chair en acides aminés essentiels ? une analyse critique de leur détermination de quelques outils pratiques de modélisation.85.pp : 203-210.
- **Revington B., 2002.** Feeding poultry in the post antibiotic era. Multi states Poultry Meeting. Available from internet< <http://ag.purdue.edu/poultry/multistate/multi-state.pdf> >.
- **Robin R.A., 1988.** Elevage et reproduction, production intensive de la chair, édition Bornemann, Paris : 72 p.
- **Schrezenmeir, J et De Verse, M., 2001.** Probiotics, prebiotics and symbiotics approaching a definition. Am.J. Clin. Nutr., 73(2) :361-364.
- **Souilem O., Gogny, M., 1994.** Particularités de la physiologie digestive des volailles. Med. Vet.,145(7),pp :525-537.
- **Tbini H., 2000.** Contribution à l'étude de l'effet de restriction alimentaire sur les performances zootechniques du poulet de chair. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire.
- **Valdehouse P., Bergeron E., Gaborit T. Delort-Laval J., 1980.** Content and distribution of trypsin inhibitors and hemagglutinins in some legume seeds. Can.J. Plant Sci., Vol. 60,p. 695-701.
- **Waldoup, P. W., B.E. Ransey, H. M. Hellwing and N. K. Smith. 1985.** Optimum processing for soybean meal used in broiler diets.
- **West, B. 2002.** EU soybean meal purchasing patterns and quality assurance. Final report. American Soybean Association (ASA).
- **White D.G. and Mc Dermott P.F., 2001.** Emergence and transfer of antibacterial resistance.J.Dairy Science. 84, pp: 151-155.

- **Zelanka D., 1979.** La formulation des aliments des animaux. Cycle approfondi d'alimentation animale, INA-PG : 128p.
- **Zhang Z., 2004.** Evaluating the efficacy of Enzyme preparations and predicting the performance of leghorn chicks fed Rye-based diets with a diatry viscosity Assay. Poult. Sci., 79, pp: 1158-1168.